



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 24 647 A 1

51 Int. Cl.⁵:
H 01 L 31/0392
H 01 L 31/0224
H 01 L 31/18
C 23 F 1/02

DE 43 24 647 A 1

21 Aktenzeichen: P 43 24 647.8
22 Anmeldetag: 22. 7. 93
43 Offenlegungstag: 27. 1. 94

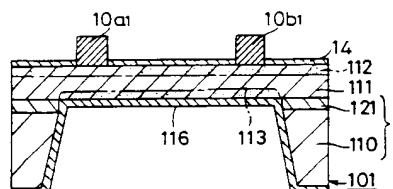
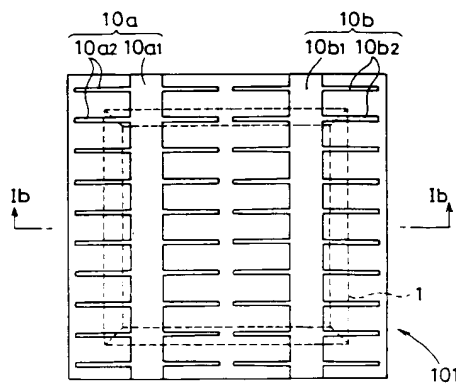
30 Unionspriorität: 32 33 31
22.07.92 JP 4-217237 23.02.93 JP 5-32351
71 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
74 Vertreter:
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Hübner, H., Dipl.-Ing.,
Rechtsanw.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 85354
Freising

72 Erfinder:
Matsuno, Yoshinori, Itami, Hyogo, JP; Naomoto,
Hideo, Itami, Hyogo, JP; Arimoto, Satoshi, Itami,
Hyogo, JP; Morikawa, Hiroaki, Itami, Hyogo, JP;
Sasaki, Hajime, Itami, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Dünnfilm-Solarzelle und Herstellungsverfahren für diese, Ätzverfahren, automatisches Ätzgerät und Verfahren zur Herstellung einer Halbleitereinrichtung

57 Es wird unter anderem eine Dünnfilm-Solarzelle 101 beschrieben, die eine dünne, die fotoelektrische Umwandlung bewirkende aktive Schicht 111 aus hoch reinem Material mit entgegengesetzten vorderen und rückseitigen Oberflächen, eine Trägerstruktur zum Halten der dünnen aktiven Schicht 111 und eine rückseitige Elektrode 116 umfaßt, die in Kontakt mit der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht steht. Die Trägerstruktur 1 enthält ein Trägersubstrat 110 aus Material niedrigen Reinheitsgrads, das entgegengesetzte vordere und rückseitige Oberflächen besitzt, wobei die aktive Schicht auf der vorderen Oberfläche ausgebildet ist und eine isolierende Sperrschicht 121 zwischen der Vorderfläche des Trägersubstrats und der Rückfläche der aktiven Schicht eingefügt ist. Die Sperrschicht verhindert das Eindiffundieren von Verunreinigungen des Trägersubstrats in die aktive Schicht. Da das Trägersubstrat ein Material niedrigen Reinheitsgrads enthält, kann die Menge an teurem hochreinem Material durch Verringerung der Dicke der aktiven Schicht reduziert werden, wodurch sich niedrige Herstellungskosten ergeben. Da das Trägersubstrat auf der Rückfläche der aktiven Schicht vorhanden ist, liegt eine auf der Vorderseite der aktiven Schicht angeordnete Oberflächenelektrode frei. Wenn daher ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Mehrzahl der Solarzellen hergestellt wird, kann das Drahtbondverfahren zum Verbinden benachbarter Solarzellen in einfacher Weise durchgeführt werden.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

DE 43 24 647 A 1

Vorliegende Erfindung bezieht sich auf Dünnschicht-Solarzellen und Verfahren zum Herstellen der Dünnschicht-Solarzellen sowie insbesondere auf Strukturen zum Stützen einer dünnen aktiven Schicht und auf Verfahrensschritte zum Herstellen der Strukturen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahrensschritte zur Ausbildung eines Antireflexionsfilms bei dem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle.

Die vorliegende Erfindung befaßt sich weiter mit Ätzverfahren und automatischen Ätzvorrichtungen und insbesondere auf Verfahren und Vorrichtungen zum Steuern der Ätztiefe, wenn ein Material wie etwa ein Halbleiterwafer mit einem vorgeschriebenen Ätzmittel geätzt wird.

Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf Verfahren zum Herstellen von Halbleitereinrichtungen und insbesondere auf Verfahren zum selektiven Ätzen eines Substrats der Dünnschicht-Solarzelle oder dergleichen von der rückseitigen Oberfläche zur Ausbildung einer Öffnung.

In den letzten Jahren wurden Technologien bezüglich Dünnschicht-Solarzellen weiterentwickelt, um zukünftig kostengünstige Solarzellen mit geringem Gewicht realisieren zu können, weshalb die Forderung nach dünneren, mit weniger Material hergestellten Solarzellen aufgestellt wurde. Zusätzlich werden derartige Dünnschicht-Solarzellen unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten gefordert, wobei die durch die Verringerung der Dicke begründeten Einflüsse auf die Eigenschaften der Solarzelle Beachtung finden.

In "Technical Digest of the International PVSEC-5, Kyoto, Japan, 1990" ist eine Dünnschicht-Solarzelle offenbart, bei der Teile einer aktiven Schicht selektiv von der rückseitigen Oberfläche unter Zurücklassung von Bereichen abgeätzt werden, die als eine wabenförmige Verstärkungsstruktur dienen.

In den Fig. 26(a) und 26(b) sind Draufsichten zur Erläuterung der herkömmlichen Dünnschicht-Solarzelle gezeigt, wobei in Fig. 26(a) ein Solarzellen-Modul dargestellt ist und in Fig. 26(b) eine in dem Solarzellen-Modul enthaltene Dünnschicht-Solarzelle gezeigt ist. Gemäß diesen Figuren weist das Solarzellen-Modul 200a eine Vielzahl von Dünnschicht-Solarzellen 200 auf, die in matrixförmiger Anordnung auf einem Trägersubstrat 200b angeordnet sind. Jede der Dünnschicht-Solarzellen besitzt kammförmige Oberflächenelektroden 10a und 10b auf der vorderen Oberfläche sowie eine rückseitige Elektrode 20 auf der Rückseite. Bei dem Solarzellen-Modul 200a ist eine Vielzahl von Solarzellen 200 in Reihe geschaltet, wobei die Oberflächenelektroden 10a und 10b jeder Solarzelle mit der rückseitigen Elektrode der benachbarten Solarzelle unter Einsatz eines Drahts 11 verbunden sind.

Die kammförmige Oberflächenelektrode 10a (10b) umfaßt eine gemeinsame Sammelelektrode 10a₁ (10b₁) und eine Mehrzahl von Gitterelektroden 10a₂ (10b₂), die von entgegengesetzten Seiten der Sammelelektrode vorstehen. Die Sammelelektroden 10a₁ und 10b₁ sind zueinander parallel. Im Betrieb wird ein auf der Oberfläche der Dünnschicht-Solarzelle 200 erzeugter Fotostrom durch die Gitterelektroden 10a₂ und 10b₂ gesammelt und zu den jeweiligen Sammelelektroden 10a₁ und 10b₁ geleitet.

In Fig. 29(e) ist eine Querschnittsansicht der Dünnschicht-Solarzelle 200 gezeigt, die entlang einer Linie XXI-

Xe-XXIXe in Fig. 26(b) aufgenommen ist. In Fig. 29(e) bezeichnet das Bezugszeichen 201 ein monokristallines Silicium-(Si)-Substrat des Leitungstyps p mit einer Dicke von ungefähr 150 µm. Eine Region 202 des n-Leitungstyps ist innerhalb des Oberflächenbereichs des monokristallinen Si-Substrats 201 des p-Leitungstyps angeordnet, wodurch ein pn-Übergang geschaffen wird. Dies bedeutet, daß das Substrat 201 als ein aktiver Bereich dient, der eine Umwandlung von Licht in Elektrizität in der Nähe des pn-Übergangs bewirkt. Die kammförmigen Oberflächenelektroden 10a und 10b sind auf vorgegebenen Bereichen der Region 202 des n-Leitungstyps unter gegenseitigem Abstand angeordnet. Ein Antireflexionsfilm 225 (im folgenden auch als Alt-Film bezeichnet) weist einen unteren SiN-Film 204a und einen oberen SiO₂-Film 223 auf und ist auf der Oberfläche der Region 202 des n-Leitungstyps in einem Bereich angeordnet, in dem die Oberflächenelektroden 10a und 10b nicht vorhanden sind. Der Antireflexionsfilm 225 begrenzt den Lichteinfall auf die aktive Schicht.

Das Si-Substrat (aktiver Bereich bzw. aktive Region) 201 besitzt eine wabenförmige Verstärkungsstruktur 210 auf der Rückseite, wobei die Verstärkungsstruktur 210 die mechanische Festigkeit des dünnen Si-Substrats 201 sicherstellt. Die Höhe der Verstärkungsstruktur 210 beträgt ungefähr 150 µm.

Eine rückseitige Elektrode 206 ist an einem Teil der rückseitigen Oberfläche des Si-Substrats 201 parallel zu den Oberflächenelektroden 10a und 10b angeordnet. Eine Region 203 (BSF-Region = Back Surface Field Region = Bereich mit rückseitigem Oberflächenfeld) des Leitungstyps p+ ist innerhalb des Si-Substrats 201 unter Kontaktierung der rückseitigen Elektrode 206 angeordnet. Die Region 203 des Leitungstyps p+ erzeugt eine Energiebarriere gegenüber Fotoladungsträgern (positive Löcher) in der Nähe der rückseitigen Elektrode 206. Die Energiebarriere verhindert, daß die Fototräger (photocarriers) die Grenzfläche zwischen dem Substrat 201 und der rückseitigen Elektrode 206 erreichen, wodurch ein Verschwinden von Fototrägern an der Grenzfläche vermieden wird und die an der Grenzfläche erzeugten Fototräger in Richtung zu den Oberflächenelektroden beschleunigt werden.

Ein Verfahren zum Herstellen der Dünnschicht-Solarzelle ist in den Fig. 27(a) bis 27(d), 28(a) bis 28(c) und 29(a) bis 29(e) gezeigt.

Anfänglich wird ein säurefester Fotoresist (Fotolack) 221 auf den entgegengesetzt liegenden vorderen und rückseitigen Flächen des Si-Substrats 201 gemastert, auf dem ein (nicht gezeigter) Oxidfilm mit Ausnahme eines vorgegebenen Bereichs auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats ausgebildet wird, und zwar vorzugsweise unter Einsatz eines Rasterdruckers (Fig. 27(a)). In dieser Figur ist das aus säurefestem Fotoresist bestehende Muster auf der Vorderseite des Substrats nicht dargestellt. Nach Trocknen des Musters 221 aus säurebeständigem Fotoresist wird das Si-Substrat 201 von der Rückseite unter Einsatz des Musters 221 aus säurebeständigem Fotoresist als Maske geätzt, wodurch das Si-Substrat 201 in seiner Dicke unter Belassung der wabenförmigen Verstärkungsstruktur 210 verringert wird (Fig. 27(b)). Eine Mischung aus Flußsäure und Salpetersäure wird als Ätzmittel eingesetzt. Die Musterung bzw. Musterformgebung des säurebeständigem Fotoresists kann mit Hilfe eines herkömmlichen fotolithographischen Verfahrens durchgeführt werden.

Nach der Entfernung des Fotoresist-Musters 221 wird Phosphor unter Einsatz von POCl₃ (Phosphorox-

ychlorid) von der Vorderseite und der Rückseite in das Si-Substrat **201** eindiffundiert, wodurch Regionen **202a** und **202b** des Leitungstyps n gebildet werden. Ein pn-Übergang wird an der Grenzfläche zwischen dem Si-Substrat **201** des Leitungstyps p und jeder Region **202a** und **202b** des Leitungstyps n gebildet (Fig. 27(c)).

Die vordere Oberflächenseite der Region **202a** des Leitungstyps n wird mit einem säurebeständigen Fotoresist **222** abgedeckt und die rückseitige Oberflächenseite der Region **202b** des Leitungstyps n wird unter Einsatz von Flußsäure abgeätzt. Danach wird eine Paste **230** aus Aluminium selektiv auf einen mittleren Bereich der Rückseite des Substrats **201** mittels Rasterdruck aufgedruckt und ein Glühen bzw. Tempern bei 600 bis 800°C zum Eindiffundieren von Aluminium in das Si-Substrat durchgeführt, wodurch ein Bereich des Leitungstyps p mit hoher Dotierungskonzentration, d. h. die Region **203** des Leitungstyps p+, ausgebildet wird (Fig. 27(d)).

Nach der Entfernung des säurebeständigen Fotoresists **222** von der Vorderseite des Si-Substrats **201** werden aufeinanderfolgend SiO₂ und TiO₂ auf der Oberfläche mit Hilfe eines chemischen Niederdruck-Dampfabscheidungsverfahrens (LPCVD = Low Pressure Chemical Vapor Deposition) abgeschieden, wodurch eine AR-Schicht (Antireflexionsschicht) **204** mit Zweischichtaufbau geschaffen wird (Fig. 28(a)). Anschließend werden Oberflächenelektroden **10a** und **10b** mit Hilfe eines Durchfeuerungsverfahrens (fire through method) unter Einsatz einer Ag-Paste ausgebildet. Genauer gesagt wird eine Durchfeuerungs-Paste **10** aus Silber selektiv mittels Siebdruck auf vorgegebene Abschnitte des Antireflexionsfilms **204** aufgedruckt (Fig. 28(b)). Wenn die Silberpaste **10** gebacken wird, dringt sie durch die den SiO₂-Film und den TiO₂-Film enthaltende Antireflexionsschicht **204** hindurch und erreicht die Region **202** des Leitungstyps n, was dazu führt, daß die Oberflächenelektroden **10a** und **10b** elektrisch mit der Region **202** des Leitungstyps n kontaktiert sind (Fig. 28(c)).

Schließlich wird Ag-Paste (Silberpaste) mittels Siebdruck auf einen der BSF-Region **203** gegenüberliegenden Teil der rückseitigen Oberfläche des Substrats aufgedruckt und zur Ausbildung der rückseitigen Elektrode **206** gebacken (Fig. 28(c)).

Gemäß den vorstehend beschriebenen Verfahrensschritten nach den Fig. 28(a) bis 28(c) enthält die Antireflexionsschicht **204** den Film aus SiO₂ und den Film aus TiO₂. Statt dessen kann die Antireflexionsschicht einen Film aus SiN enthalten. In den Fig. 29(a) bis 29(e) sind Verfahrensschritte bei Einsatz der Antireflexionsschicht aus SiN dargestellt.

Nach Ausbildung der BSF-Region **203**, wie in Fig. 27(d) gezeigt ist, wird auf der Region **202** des Leitungstyps n SiN mittels chemischem Plasma-Dampfabscheidungsverfahren aufgebracht, wodurch eine Antireflexionsschicht **204a** ausgebildet wird (Fig. 29(a)).

Danach wird ein Film **223** aus SiO₂ auf der Antireflexionsschicht **204a** aus SiN mit Hilfe eines chemischen Niederdruck-Dampfabscheidungsverfahrens abgeschieden und ein säurebeständiger Fotoresist **224** mittels Siebdruck auf die einander gegenüberliegenden vorderen und hinteren Oberflächen des Si-Substrats **201** mit Ausnahme eines vorgegebenen Bereichs der Vorderseite aufgedruckt (Fig. 29(b)). In dieser Figur ist der säurebeständige Fotoresist auf der rückseitigen Oberfläche nicht gezeigt. Nach Trocknen des säurebeständigen Fotoresists **224** wird der Film **223** aus SiO₂ selektiv mittels Flußsäure unter Benutzung des säurebeständi-

gen Fotoresists **224** als Maske geätzt (Fig. 29(c)).

Nach Entfernung des säurebeständigen Fotoresists **224** wird die Antireflexionsschicht **204a** aus SiN selektiv mit Phosphorsäure unter Benutzung des Films **223** aus SiO₂ als Maske geätzt (Fig. 29(d)).

Bei dem Schritt gemäß Fig. 29(e) wird Silberpaste mittels Siebdruck auf Bereiche der Vorderseite, in denen die Region **202** des Leitungstyps n freiliegt, aufgedruckt und wird zur Ausbildung der Oberflächenelektroden **10a** und **10b** gebacken. Schließlich wird Silberpaste mittels Siebdruck auf einen der BSF-Region **203** gegenüberliegenden Teil der Rückfläche- des Substrats aufgedruckt und zur Ausbildung der rückseitigen Elektrode **206** gebacken.

Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren zur Herstellung der Dünnschicht-Solarzelle ist jedoch ein die Dicke der Verstärkungsstruktur **210** beinhaltendes dickes monokristallines Substrat aus Si erforderlich, da das monokristalline Si-Substrat **201**, das ein hochreines Material ist, selektiv von der Rückseite unter Belassung der wabenförmigen Verstärkungsstruktur **210** geätzt wird. Auch wenn durch dieses Verfahren zur Dickenverringering des Substrats eine Solarzelle mit geringem Gewicht geschaffen wird, kann die erforderliche Menge an monokristallinem Silicium nicht verringert werden. Daher ist es schwierig, die Herstellungskosten durch Verringerung der Materialkosten zu senken.

Bei der vorstehend beschriebenen herkömmlichen Solarzelle wird das dünne Si-Substrat durch die wabenförmige, auf der Rückseite des Substrats ausgebildete Verstärkungsstruktur gestützt. In der japanischen Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 4-9 14 82 ist eine weitere Gestaltung zur Stützung des dünnen Si-Substrats offenbart. Beim Stand der Technik wird nach aufeinanderfolgender Ausbildung eines dünnen Films aus Si, eines Antireflexionsfilms und einer kammförmigen Oberflächenelektrode auf einer Vorderfläche eines Si-Substrats niedrigen Reinheitsgrads ein Deckglas an der Vorderseite des Aufbaus unter Benutzung eines transparenten Lötmittels wie etwa EVA (Ethylvinylalkohol) befestigt. Danach wird das Si-Substrat niedrigen Reinheitsgrads von der Rückseite unter Einsatz einer KOH-Lösung (Kaliumhydroxid-Lösung) solange geätzt, bis ein als Ätztstop dienender Oxidfilm über der Rückseite freigelegt ist. Nach der Abätzung des Oxidfilms unter Einsatz von Flußsäure wird Aluminium auf der Rückseite durch Sputtern abgeschieden und zur Ausbildung einer rückseitigen Elektrode und einer der rückseitigen Elektrode gegenüberliegenden BSF-Region gebacken. Das Si-Substrat mit niedrigem Reinheitsgrad stützt den dünnen Si-Film während der Verfahrensschritte auf der Vorderseite ab.

Wenn ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Mehrzahl von gemäß der vorstehenden Beschreibung hergestellten Dünnschicht-Solarzellen erzeugt wird, muß die Oberflächenelektrode jeder durch die Glasplatte abgedeckten Solarzelle nach außen herausgeführt werden, bevor ein Draht-Bondverfahren zur gegenseitigen Verbindung der matrixförmig angeordneten Solarzellen durchgeführt wird, wodurch die Arbeitseffizienz bei der Modularisierung verringert wird.

Nachstehend wird ein Verfahren zur Ausbildung eines Antireflexionsfilms beschrieben, der bei der vorstehend beschriebenen herkömmlichen Dünnschicht-Solarzelle eingesetzt wird.

In den Fig. 30(a) bis 30(c) sind Schnittansichten gezeigt, die die Verfahrensschritte bei der Herstellung eines Apertur- bzw. Öffnungsmusters in einem Antirefle-

xionsfilm veranschaulichen.

Anfänglich wird ein SiN enthaltender Antireflexionsfilm 305 mit einer Dicke von ungefähr 80 nm (800 Å) auf einem Si-Substrat 301 ausgebildet, in dem eine aktive pn-Übergangsregion 301a gebildet ist, und es wird ein säurebeständiger Fotoresist 306 mit einer Öffnung 306a mittels Siebdruck auf dem Antireflexionsfilm 305 aufgedruckt (Fig. 30(a)).

Unter Benutzung des säurebeständigen Fotoresists 306 als Maske wird der Antireflexionsfilm 305 selektiv durch erwärmte Phosphorsäure geätzt, wobei eine Öffnung 305a gebildet wird (Fig. 30(b)). Nach Entfernung des säurebeständigen Fotoresists 306 wird eine Oberflächenelektrode 310 auf der aktiven pn-Übergangsregion 301a, die in der Öffnung 305a freiliegt, ausgebildet (Fig. 30(c)).

Bei den vorstehend beschriebenen Verfahrensschritten zur Ausbildung des Antireflexionsfilms muß jedoch der säurebeständige Fotoresist 306 unter Einsatz eines organischen Lösungsmittels oder dergleichen nach Ausbildung der Öffnung 305a entfernt werden, da die Öffnung 305a des Antireflexionsfilms 305 durch selektives Ätzen unter Benutzung des säurebeständigen Fotoresists 306 als Maske ausgebildet wird, wodurch das Herstellungsverfahren kompliziert wird. Da es schwierig ist, den säurebeständigen Fotoresist 306 vollständig zu entfernen, ist die Oberfläche des Antireflexionsfilms 305 nach der Entfernung des Fotoresists 306 durch das Fotoresistmaterial kontaminiert bzw. verunreinigt, wodurch die Lichtmenge, die auf die aktive pn-Übergangsregion 301a auftrifft, verringert wird.

Wenn der Antireflexionsfilm einen zweischichtigen Aufbau zur Verbesserung der Wirkung der Beschränkung einfallenden Lichts auf die aktive pn-Übergangsregion 301a besitzt, sind zusätzlich zu den vorstehend erläuterten Problemen Schritte zur Ausbildung des oberen Antireflexionsfilms und einer Öffnung in dem oberen Antireflexionsfilm erforderlich, wodurch das Herstellungsverfahren noch weiter verkompliziert wird.

Es wird nun ein herkömmlicher Ätzvorgang beschrieben, der bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren zur Herstellung einer Dünnfilm-Solarzelle eingesetzt wird.

In Fig. 31 ist eine schematische Darstellung eines herkömmlichen automatischen Ätzgeräts gezeigt. Gemäß dieser Figur umfaßt das automatische Ätzgerät 400 einen Behälter 404, in den Proben bzw. Teile 407 wie etwa Halbleiterwafer eingebracht werden (im folgenden als Teile- oder Stückebehälter bezeichnet), eine Fördereinrichtung 401 zum Transportieren des Teilebehälters 404 und eine Steuereinrichtung 403 zum Steuern der Fördereinrichtung 401. Das Bezugszeichen 405 bezeichnet ein Bad, das mit einem Ätzmittel 406 gefüllt ist.

Das Exemplar 407 ist eine Einrichtung mit einer Metallschicht, einer Halbleiterschicht, einem isolierenden Film und dergleichen, wie etwa die vorstehend beschriebene Dünnfilm-Solarzelle. Der Teilebehälter 404 und das Bad 405 enthalten Quarz oder rostfreien Stahl (SUS). Die Steuereinrichtung 403 enthält einen Zeitgeber 408 zur Festlegung der Ätzzeit.

Der Teilebehälter 404 wird durch die Fördereinrichtung 401 in das mit dem Ätzmittel 406 gefüllte Bad 405 eingebracht. Nach Ablauf der durch den Zeitgeber 408 festgelegten Ätzzeit wird der Teilebehälter 404 durch die Fördereinrichtung 401 aus dem Bad 405 herausgenommen. Da die Ätzzeit in Übereinstimmung mit einer zuvor gemessenen Ätzrate bestimmt wird, kann die Ätztiefe im Exemplar 407 durch die Ätzzeit gesteuert wer-

den.

Der Betrieb des Ätzgeräts 400 wird nachstehend in größeren Einzelheiten beschrieben.

Die Fördereinrichtung 401 transportiert den das Exemplar 407 enthaltenden Teilebehälter 404 zum Bad 405 und taucht den Behälter 404 in das Ätzmittel 406 in Abhängigkeit von einem Steuersignal der Steuereinrichtung 403 ein. Damit wird das Ätzen des Exemplars 407 begonnen.

Nach Ablauf der durch den Zeitgeber 408 eingestellten Ätzzeit zieht die Fördereinrichtung 401 den Teilebehälter 404 aus dem Bad 405 in Abhängigkeit von dem Steuersignal der Steuereinrichtung 403 heraus. Damit ist das Ätzen des Exemplars 407 beendet.

Bei dem herkömmlichen automatischen Ätzgerät verändert sich jedoch nachteiligerweise die Ätztiefe des Exemplars selbst dann, wenn die durch den Zeitgeber 408 festgelegte Ätzzeit, d. h. die Zeit des Eintauchens des Exemplars 407 in das Ätzmittel 406 festgelegt ist, da die Ätzrate von dem Ätzmittel und dem Exemplar abhängt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Dünnfilm-Solarzelle zu schaffen, die mit verringerten Produktionskosten aufgrund einer Verringerung des teuren, für die aktive Schicht eingesetzten Materials hohen Reinheitsgrads herstellbar ist und die hohe Arbeitseffizienz gewährleistet, wenn ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Vielzahl der Dünnfilm-Solarzellen hergestellt wird.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Dünnfilm-Solarzelle bereitzustellen, bei dem ein Antireflexionsfilm mit zweischichtigem Aufbau nicht durch ein Material einer zur Bemusterung des Antireflexionsfilms eingesetzten Maske verunreinigt ist, und bei dem ein oberer Antireflexionsfilm als eine Maske zur Musterausbildung eines unteren Antireflexionsfilms dient, so daß der Schritt der Entfernung der Maske entfallen kann.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ätzverfahren und ein Ätzgerät für das Ätzverfahren zu schaffen, bei dem eine gewünschte Ätztiefe selbst dann erhalten wird, wenn die Ätzrate während des Ätzvorgangs variiert.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum selektiven Ätzen eines leitenden oder isolierenden Substrats mit einer aktiven Halbleiterschicht von der Rückseite her zur Ausbildung eines Öffnungsmusters zu schaffen, bei dem kein Schritt der Anbringung des Substrats an einem Halter unter Einsatz von Wachs für den Schutz der Vorder- und Seitenflächen gegenüber dem Ätzmittel erforderlich ist, so daß der Vorgang der Ausbildung des Öffnungsmusters vereinfacht ist und die Oberfläche des Substrats nicht durch das Wachs verunreinigt wird.

Weitere Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung erschließen sich auch aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung, wobei es sich versteht, daß die detaillierte Beschreibung und die speziellen Ausführungsbeispiele lediglich zur Erläuterung dienen, da verschiedene Abänderungen und Modifikationen innerhalb des Rahmens der Erfindung für den Fachmann aus der detaillierten Beschreibung erkennbar sind.

In Übereinstimmung mit einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine in einer Dünnfilm-Solarzelle vorhandene Stützstruktur zum Tragen einer aktiven, eine Umsetzung von Licht in Elektrizität bewirkenden Schicht aus hochreinem Material ein Substrat aus Material geringen Reinheitsgrads, das die akti-

ve Schicht und eine zwischen dem stützenden Substrat und der aktiven Schicht eingefügte isolierende Barriere- bzw. Grenz- oder Sperrschicht trägt. Die Sperrschicht verhindert das Eindiffundieren von Verunreinigungen im stützenden Substrat in die aktive Schicht. Da das stützende Substrat bzw. Trägersubstrat Material niedrigen Reinheitsgrads enthält, kann die Menge an teurem, hochreinem Material durch Verringerung der Dicke der aktiven Schicht reduziert werden, was zu niedrigen Produktionskosten führt. Da die rückseitige Oberfläche der aktiven Schicht auf der Rückseite des Trägersubstrats selektiv freigelegt ist, kann eine rückseitige Elektrode in einfacher Weise von der Rückseite des Trägersubstrats in Kontakt mit der aktiven Schicht gebracht werden. Da zusätzlich das Trägersubstrat auf der Rückseite der aktiven Schicht vorhanden ist, liegt eine Oberflächenelektrode der Solarzelle frei. Daher kann, wenn ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Mehrzahl der Solarzellen hergestellt wird, ein Draht-Bondverfahren zur Verbindung benachbarter Solarzellen im Vergleich zu der herkömmlichen Solarzelle, bei der die Oberflächenelektrode durch eine transparente Platte abgedeckt ist, einfach durchgeführt werden.

In Übereinstimmung mit einem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Oberflächenelektrode der Dünnschicht-Solarzelle eine lineare Sammelelektrode und eine Mehrzahl von Gitterelektroden, die rechtwinklig von entgegengesetzten Seiten der Sammelelektrode vorstehen. Die Oberflächenelektrode ist auf der aktiven Schicht angeordnet, so daß die lineare Sammelelektrode einem linearen Teil des Trägersubstrats gegenüberliegt. Daher kann die Sammelelektrode einer mechanischen Beanspruchung, die auf die Sammelelektrode während des Draht-Bondverfahrens ausgeübt wird, widerstehen.

In Übereinstimmung mit einem dritten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung umfaßt die rückseitige Elektrode der Dünnschicht-Solarzelle Material mit hohem Reflexionsgrad. Daher wird der größere Teil des einfallenden, durch die aktive Schicht übertragenen Lichts durch die rückseitige Elektrode reflektiert, wodurch der Wirkungsgrad der fotoelektrischen Umwandlung des einfallenden Lichts vergrößert wird.

In Übereinstimmung mit einem vierten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist ein Antireflexionsfilm zur Verhinderung der Reflexion einfallenden Lichts an der Oberfläche der aktiven Schicht auf der aktiven Schicht angeordnet und es sind eine Mehrzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen auf der Oberfläche der aktiven Schicht ausgebildet, wobei die Vorsprünge die optische Pfadlänge des einfallenden Lichts in der aktiven Schicht vergrößern, was zu einer Erhöhung der Wirksamkeit bzw. des Wirkungsgrads der fotoelektrischen Umwandlung führt. Falls eine Mehrzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen sowohl an der Vorderseite als auch an der Rückseite der aktiven Schicht ausgebildet ist, wird der Wirkungsgrad der fotoelektrischen Umwandlung noch weiter erhöht.

In Übereinstimmung mit einem fünften Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird bei einem Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle ein isolierender Film auf einem Material niedrigen Reinheitsgrads enthaltenden Substrat ausgebildet, auf dem isolierenden Film eine aktive Schicht gebildet, die einen ersten Leitungstyp besitzt und hochreines Material enthält, innerhalb der aktiven Schicht eine Region des zweiten Leitungstyps, die die Oberfläche zur Bildung eines eine fotoelektrische Umwandlung bewirkenden

pn-Übergangs erreicht, geschaffen, selektiv auf der aktiven Schicht ein Antireflexionsfilm zur Verringerung der Reflexion einfallenden Lichts ausgebildet, eine Oberflächenelektrode in einem Bereich der aktiven Schicht, in dem kein Antireflexionsfilm vorhanden ist, geschaffen, eine Trägerplatte an der Vorderseite des Aufbaus befestigt, das Substrat niedrigen Reinheitsgrads selektiv von der Rückfläche her zur Formung des Substrats mit einer gewünschten Formgebung, die die aktive Schicht stützen kann, geätzt, und auf der Rückseite des Trägersubstrats eine Rückseite bzw. rückseitige Elektrode, die die aktive Schicht kontaktiert, ausgebildet. Bei dem Ätzvorgang des Substrats niedrigen Reinheitsgrads wird ein Ätzmittel eingesetzt, das das Substrat niedrigen Reinheitsgrads ätzt, nicht aber den isolierenden Film ätzt. Daher dient der isolierende Film als Ätzstop, der eine Ätzung der dünnen aktiven Schicht verhindert.

In Übereinstimmung mit einem sechsten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird bei dem vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahren vor der Ausbildung des Antireflexionsfilms die Oberfläche der aktiven Schicht einem Oberflächen-Texturierungs- bzw. Formgebungsverfahren unterzogen, wobei eine Vielzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen auf der Oberfläche ausgebildet wird, wodurch die optische Pfadlänge des in die aktive Schicht einfallenden Lichts vergrößert und der fotoelektrische Umwandlungs-Wirkungsgrad in der aktiven Schicht verbessert wird. Falls die rückseitige Oberfläche der aktiven Schicht ebenfalls einem Oberflächen-Formgebungsverfahren vor der Ausbildung der rückseitigen Elektrode unterzogen wird, wird der fotoelektrische Umwandlungs-Wirkungsgrad weiter verbessert.

In Übereinstimmung mit einem siebten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung werden bei dem vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahren ein isolierender Film, eine hochreine Halbleiterschicht und eine Kappen- bzw. Deckschicht (cap layer), die SiO oder SiN enthält, aufeinanderfolgend auf dem Substrat niedrigen Reinheitsgrads aufgebracht. Die Deckschicht wird an einer Trägerplatte unter Einsatz von Wachs angeklebt bzw. befestigt und das Substrat niedrigen Reinheitsgrads wird vollständig von der rückseitigen Oberfläche weggeätzt. Dann werden die laminierten Schichten auf eine wärme- bzw. hitzebeständige Basis mit einem kleinen Verunreinigungsdiffusionskoeffizienten aufgebracht und die Trägerplatte wird von der Deckschicht entfernt, wonach ein Glühvorgang zur Erhöhung der Kristallkorngröße der hoch reinen Halbleiterschicht folgt. Danach werden die laminierten Schichten von der wärmebeständigen Basis entfernt und auf ein weiteres Substrat niedrigen Reinheitsgrads aufgebracht. Da der Hochtemperatur-Glühvorgang der aktiven Schicht auf der wärmebeständigen Basis durchgeführt wird, kann bei diesem Verfahren als Substrat ein Material niedrigen Reinheitsgrads eingesetzt werden, das billiger ist als dasjenige, das bei der vorstehend beschriebenen Herstellungsmethode eingesetzt wird.

In Übereinstimmung mit einem achten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle ein unterer Antireflexionsfilm, der eine verhältnismäßig große Ätzrate bezüglich eines vorgegebenen Ätzmittels besitzt, und ein oberer Antireflexionsfilm, der eine verhältnismäßig kleine Ätzrate bezüglich des Ätzmittels besitzt, aufeinanderfolgend auf einer fotoempfindlichen Oberfläche eines Halbleitersubstrats ausgebildet. Der obere Antireflexionsfilm wird zur Bildung einer Öffnung mit

Muster versehen, während der untere Antireflexionsfilm durch das Ätzmittel unter Einsatz des mit Muster versehenen oberen Antireflexionsfilms als Maske geätzt wird, wodurch eine Öffnung in dem unteren Antireflexionsfilm gebildet wird. Da der obere Antireflexionsfilm bei diesem Verfahren als eine Maske zur Musterformgebung des unteren Antireflexionsfilms dient, kann der Schritt der Entfernung der Maske entfallen. Zusätzlich wird die Oberfläche des oberen Antireflexionsfilms nicht durch den Fotoresist verunreinigt, da die gesamte Oberfläche des oberen Antireflexionsfilms dem Ätztvorgang nach der Entfernung einer zur Musterung des oberen Antireflexionsfilms eingesetzten Fotoresistmaske unterzogen wird. Da ein Oberflächenbereich des oberen Antireflexionsfilms weggeätzt wird, wenn der untere Antireflexionsfilm geätzt wird, muß der obere, auf dem Substrat aufgebrachte Antireflexionsfilm dicker sein als die optimale Dicke, derart, daß die optimale Dicke bei der Beendigung des Ätzens des unteren Antireflexionsfilms erhalten wird.

In Übereinstimmung mit einem neunten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung enthält das Substrat bei einem Verfahren zum Ätzen eines ausgewählten Abschnitts des Substrats eine Ätzstoppschicht, die ein sich von demjenigen des Substrats unterscheidendes Reflexionsvermögen besitzt und mit einer vorgegebenen Tiefe, bezogen auf die Oberfläche in dem Substrat eingebettet ist. Das Substrat wird geätzt, während das Reflexionsvermögen der ätzenden Oberfläche überwacht wird, und das Ätzen wird beendet, wenn die Ätzstoppschicht an der Ätzoberfläche freigelegt ist und sich das Reflexionsvermögen verändert. Daher wird eine gewünschte Ätztiefe in dem Substrat selbst dann erhalten, wenn sich die Ätzrate während des Ätztvorgangs verändert.

In Übereinstimmung mit einem zehnten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung besitzt das Substrat bei einem Verfahren zum Ätzen eines ausgewählten Bereichs des Substrats eine vorgegebene Kristallstruktur mit einer ersten, an einer flachen Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats freiliegenden Kristallebene und einer zweiten Kristallebene. Es wird ein Ätzmittel eingesetzt, das eine Kristallebenen-Selektivität bezüglich der zweiten Kristallebene besitzt. Das Substrat wird unter Überwachung des Reflexionsvermögens an der Ätzoberfläche geätzt, und das Ätzen wird beendet, wenn die flache Oberfläche des Substrats zu einer unebenen Oberfläche, d. h. zu einer texturierten Oberfläche, wird und sich das Reflexionsvermögen an der Ätzoberfläche verändert. Daher wird eine gewünschte Ätztiefe in dem Substrat selbst dann erhalten, wenn sich die Ätzrate während des Ätztvorgangs verändert. Zusätzlich kann der Schritt der Ausbildung der Ätzstoppschicht entfallen.

In Übereinstimmung mit einem elften Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung enthält ein automatisches Ätzgerät ein Bad, das mit einem Ätzmittel gefüllt ist, einen Behälter, der ein zu ätzendes Teil enthält, eine den Behälter transportierende Fördereinrichtung und eine Steuereinrichtung, die die Fördereinrichtung derart steuert, daß der Behälter in das Ätzmittel eingetaucht oder aus diesem herausgenommen wird. Eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung des Reflexionsvermögens enthält eine Einrichtung zum Bestrahlen einer Ätzoberfläche des in das Ätzmittel eingetauchten Teils durch Licht und eine Einrichtung zum Messen des von der Ätzoberfläche reflektierten Lichts. Die Steuereinrichtung empfängt von der Überwachungseinrich-

tung für das Reflexionsvermögen ein Überwachungssignal und steuert die Fördereinrichtung in Abhängigkeit von dem Überwachungssignal derart, daß der Behälter aus dem Ätzmittel herausgenommen wird, wenn sich das Reflexionsvermögen verändert.

In Übereinstimmung mit einem zwölften Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung enthält das Substrat bei einem Verfahren zum Ätzen eines ausgewählten Bereichs des Substrats unter Einsatz eines vorgegebenen Ätzmittels eine Ätzstoppschicht, die eine Beständigkeit gegenüber dem Ätzmittel besitzt und mit einer vorgegebenen Tiefe bezüglich der Oberfläche des Substrats eingebettet ist. Der Ätztvorgang wird unter Überwachung der Lichtdurchlässigkeit des Ätzmittels durchgeführt und das Ätzen wird beendet, wenn Blasen, die durch eine chemische Reaktion zwischen dem Ätzmittel und dem Material des Substrats hervorgerufen werden, verschwinden und sich die Lichtdurchlässigkeit verändert. Daher wird eine gewünschte Ätztiefe im Substrat selbst dann erreicht, wenn sich die Ätzrate während des Ätztvorgangs verändert.

In Übereinstimmung mit einem dreizehnten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung enthält das vorstehend beschriebene Ätzgerät anstelle der Überwachungseinrichtung für das Reflexionsvermögen eine Überwachungseinrichtung für die Lichtdurchlässigkeit, die eine Einrichtung zum Bestrahlen des Ätzmittels mit Licht und eine Einrichtung zum Messen des durch das Ätzmittel hindurchgelassenen Lichts umfaßt. Die Steuereinrichtung empfängt von der Überwachungseinrichtung für die Lichtdurchlässigkeit ein Überwachungssignal und steuert die Fördereinrichtung derart, daß der Behälter aus dem Ätzmittel herausgenommen wird, wenn Blasen, die durch die chemische Reaktion zwischen dem Ätzmittel und dem Material des Substrats hervorgerufen werden, verschwinden und sich die Lichtdurchlässigkeit im Ätzmittel verändert.

In Übereinstimmung mit einem vierzehnten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird bei einem Verfahren zum Herstellen einer Dünnfilm-Solarzelle eine Halbleiterschicht mit vorgegebener Kristallstruktur, die eine fotoelektrische Umwandlung durchführt, vorbereitet. Die Halbleiterschicht besitzt eine erste Kristallebene, die an einer flachen Oberfläche des Substrats freiliegt, und eine zweite Kristallebene. Die flache Oberfläche der Halbleiterschicht wird mit einem Ätzmittel geätzt, das eine Kristallebenen-Selektivität gegenüber der zweiten Kristallebene besitzt, wobei das Reflexionsvermögen der Ätzoberfläche bezüglich einfallenden Lichts überwacht wird. Der Ätztvorgang wird beendet, wenn die flache Oberfläche der Halbleiterschicht zu einer unebenen Oberfläche, d. h. zu einer texturierten Oberfläche, wird und sich das Reflexionsvermögen an der Ätzoberfläche verändert. Daher wird eine gewünschte Ätztiefe selbst dann erreicht, wenn sich die Ätzrate während des Ätztvorgangs verändert.

In Übereinstimmung mit einem fünfzehnten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird bei einem Verfahren zum Herstellen einer Halbleitereinrichtung ein leitendes oder isolierendes Substrat mit entgegengesetzt liegenden vorderen und rückseitigen Oberflächen vorbereitet, eine aktive Halbleiterschicht auf der Vorderseite des Substrats ausgebildet, das Substrat mit Ausnahme eines Teils der rückseitigen Oberfläche des Substrats vollständig mit einem Schutzfilm, der gegenüber einem vorgegebenen Ätzmittel beständig ist, abgedeckt und das Substrat selektiv von der Rückseite unter Einsatz des Ätzmittels zur Bildung einer Öffnung geätzt.

Da bei diesem Verfahren der herkömmliche Schritt der Anbringung des Substrats an einem Halter unter Einsatz von Wachs entfallen ist, ist das Herstellungsverfahren vereinfacht und die Oberfläche des Substrats ist nicht mit Wachs verunreinigt. Da der Schutzfilm zweischichtigen Aufbau besitzt, ist ein selektives Ätzen zwischen der aktiven Schicht und dem Schutzfilm möglich, wenn der Schutzfilm durch Ätzen entfernt wird, so daß die aktive Schicht durch den Ätzvorgang nicht nachteilig beeinflußt wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1(a) und **1(b)** eine Draufsicht und eine Schnittansicht einer in Übereinstimmung mit einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung stehenden Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 2(a) bis **2(d)** Schnittansichten, die Verfahrensschritte bei einem Verfahren zur Herstellung der in den **Fig. 1(a)** bis **1(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle veranschaulichen,

Fig. 3(a) bis **3(c)** Schnittansichten, die Verfahrensschritte bei dem Verfahren zur Herstellung der Dünnschicht-Solarzelle gemäß den **Fig. 1(a)**, **1(b)** veranschaulichen,

Fig. 4(a), **4(b)** Schnittansichten, die Verfahrensschritte zur Herstellung einer rückseitigen Elektrode bei dem Verfahren zur Herstellung der in den **Fig. 1(a)**, **1(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle veranschaulichen,

Fig. 5(a) und **5(b)** eine Draufsicht und eine Schnittansicht einer Dünnschicht-Solarzelle, die in Übereinstimmung mit einer ersten Abänderung der in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle steht,

Fig. 6(a) und **6(b)** eine Draufsicht und eine Schnittansicht einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einer zweiten Abänderung der in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 7(a) und **7(b)** eine Draufsicht und eine Schnittansicht einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einer dritten Abänderung der in den **Fig. 1(a)** und **1(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 8(a) und **8(b)** eine Draufsicht und eine Schnittansicht einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 9(a) und **9(b)** Schnittansichten von Dünnschicht-Solarzellen in Übereinstimmung mit einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 10(a) bis **10(d)** Schnittansichten von Verfahrensschritten bei einem Verfahren zur Herstellung der Dünnschicht-Solarzelle gemäß den **Fig. 9(a)** und **9(b)**,

Fig. 11(a) bis **11(d)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei dem Verfahren zur Herstellung der in den **Fig. 9(a)** und **9(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 12(a) und **12(b)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei der Herstellung einer rückseitigen Elektrode bei dem Verfahren zur Herstellung der in **Fig. 9(a)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 13(a) bis **13(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten für die Texturierung der Rückseite bei dem Verfahren zur Herstellung der in **Fig. 9(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 14(a) bis **14(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 15(a) bis **15(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 16(a) bis **16(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten zur Ausbildung eines Antireflexionsfilms bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 17(a) bis **17(e)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten zur Ausbildung eines Antireflexionsfilms bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 18 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung eines Ätzgeräts, das bei einem Ätzverfahren in Übereinstimmung mit einem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird,

Fig. 19(a) und **19(b)** schematische Darstellungen, in denen ein als Muster bzw. Exemplar dienender Wafer vor und nach dem Ätzverfahren in Übereinstimmung mit dem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt ist,

Fig. 20(a) und **20(b)** schematische Darstellungen zur Erläuterung eines Ätzverfahrens gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 21(a) bis **21(c)** schematische Darstellungen zur Erläuterung eines Ätzgeräts, das bei einem Ätzverfahren gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird,

Fig. 22(a) bis **22(g)** Schnittansichten zur Erläuterung von Problemen bei einem herkömmlichen Ätzvorgang,

Fig. 23(a) bis **23(c)** Schnittansichten von als Muster dienenden Wafern, die Ätzverfahren in Übereinstimmung mit einem zehnten und einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unterzogen werden, verglichen mit einem als Muster dienenden Wafer, das einem herkömmlichen Ätzverfahren unterzogen wird,

Fig. 24(a) bis **24(e)** Schnittansichten zur Veranschaulichung des Ätzverfahrens gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 25(a) bis **25(e)** Schnittansichten zur Veranschaulichung des Ätzverfahrens in Übereinstimmung mit dem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Fig. 26(a) und **26(b)** Draufsichten zur Veranschaulichung eines Solarzellen-Moduls bzw. einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik,

Fig. 27(a) bis **27(d)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei einem Verfahren zur Herstellung der in **Fig. 26(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 28(a) bis **28(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei dem Verfahren zur Herstellung der in **Fig. 26(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 29(a) bis **29(e)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten bei dem Verfahren zur Herstellung der in **Fig. 26(b)** gezeigten Dünnschicht-Solarzelle,

Fig. 30(a) bis **30(c)** Schnittansichten zur Veranschaulichung von Verfahrensschritten zur Ausbildung eines Antireflexionsfilms bei einem Verfahren zur Herstel-

lung einer herkömmlichen Dünnschicht-Solarzelle, und

Fig. 31 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung eines herkömmlichen automatischen Ätzgeräts.

In den **Fig. 1(a)** und **1(b)** ist eine in Übereinstimmung mit einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung stehende Dünnschicht-Solarzelle schematisch dargestellt, wobei **Fig. 1(a)** eine Draufsicht und **Fig. 1(b)** eine entlang der Linie **1b** in **Fig. 1(a)** gesehene Schnittansicht zeigen.

In diesen Figuren bezeichnet das Bezugszeichen **101** eine quadratische Dünnschicht-Solarzelle mit 10 cm (Kantenlänge). Die Solarzelle **101** weist eine dünne aktive Schicht **111**, die hoch reines Silicium des Leitungstyps p enthält und eine Umwandlung von Licht in Elektrizität (fotoelektrische Umwandlung) durchführt, und eine Trägerstruktur **1** zum Stützen bzw. Halten der dünnen aktiven Schicht **111** auf. Die Trägerstruktur **1** enthält ein Trägersubstrat **110**, das Material niedrigen Reinheitsgrads wie etwa MG-Si aufweist, und einen Film **121** aus SiO (Siliciumoxid), der zwischen dem Trägersubstrat **110** und der aktiven Schicht **111** eingefügt ist. Der Film **121** aus SiO dient als eine isolierende Sperre, die ein Eindiffundieren von in dem Trägersubstrat **110** enthaltenen Verunreinigungen in die aktive Schicht **111** verhindert.

Das Trägersubstrat **110** ist wie ein quadratischer Rahmen entlang der Kanten der aktiven Schicht **111** geformt. Ein Diffusionsbereich **112**, in den Dotiermaterial eindiffundiert ist und der den Leitungstyp n besitzt, ist innerhalb der aktiven Schicht **111** angeordnet und reicht bis zur Oberfläche. Kammförmige Oberflächenelektroden **10a** und **10b** sind voneinander beabstandet an dem Bereich **112** des Leitungstyps n angeordnet. Die Oberflächenelektrode **10a** (**10b**) enthält eine Mehrzahl von Gitterelektroden **10a₂** (**10b₂**) und eine gemeinsame Sammelelektrode **10a₁** (**10b₁**). Die Sammelelektroden **10a₁** und **10b₁** liegen parallel zueinander. Im Betrieb wird der an der Oberfläche der Dünnschicht-Solarzelle **101** erzeugte Fotostrom durch die Gitterelektroden **10a₂** und **10b₂** gesammelt und zu den jeweiligen Sammelelektroden **10a₁** und **10b₁** übertragen. Ein Antireflexionsfilm (AR-Film) **114**, der SiN (Siliciumnitrit) enthält, ist auf Bereichen der aktiven Schicht **111**, in denen keine Oberflächenelektroden **10a** und **10b** vorhanden sind, angeordnet. Der Antireflexionsfilm **114** beschränkt wirksam den Lichteinfall in die bzw. auf die aktive Schicht **111**.

Eine rückseitige Elektrode **116** ist auf der Rückseite des Trägersubstrats **110** angeordnet und befindet sich in Kontakt mit der aktiven Schicht **111**. Die rückseitige Elektrode **116** enthält ein Metall mit hohem Reflexionsvermögen wie etwa Ag. Eine BSF-Region (BSF = Back Surface Field = Rückseitenfeld) **113** mit hoher Dotiermittelkonzentration des Leitungstyps p ist innerhalb der aktiven Schicht **111** angeordnet und kontaktiert die rückseitige Elektrode **116**.

Bei diesem ersten Ausführungsbeispiel ist die Breite des rahmenförmigen Trägersubstrats **110** so bestimmt, daß es das Leistungsvermögen der Solarzelle nicht negativ beeinflusst. Beispielsweise liegt die Breite unterhalb 10 mm, falls die Region **113** eine Verunreinigungs-Dotiermittelkonzentration von $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und eine Dicke von 20 µm besitzt.

In den **Fig. 2(a)** bis **2(d)**, **3(a)** bis **3(c)** und **4(a)**, **4(b)** ist ein Verfahren zum Herstellen der Dünnschicht-Solarzelle gezeigt. Im Einzelnen veranschaulichen die **Fig. 2(a)** bis **2(d)** Verfahrensschritte auf der Vorderseite, während **Fig. 3(a)** bis **3(c)** Verfahrensschritte zur Herstellung der

Trägerstruktur zeigen und in den **Fig. 4(a)** und **4(b)** Verfahrensschritte zur Ausbildung der rückseitigen Elektrode dargestellt sind.

Anfänglich wird ein Film **121a** aus SiO mit einer Dicke von mehreren µm auf ein Siliziumsubstrat **109** mit niedrigem Reinheitsgrad und einer Dicke von mehreren 100 µm vorzugsweise durch Niederdruck-CVD, thermische Oxidation oder Sputtern aufgebracht. Dann wird hochreines Si des Leitungstyps p auf dem Film **121a** aus SiO mit einer Dicke von 100 µm und weniger vorzugsweise durch ein thermisches CVD-Verfahren oder durch ein Niederdruck-CVD-Verfahren aufgebracht, wodurch eine dünne Si-Schicht **111a** gebildet wird (**Fig. 2(a)**).

Nach Ausbildung einer Deckschicht **122**, die SiO₂ oder SiN enthält, auf der dünnen Si-Schicht **111a** wird das Substrat auf eine Kohle-Basis **151** gesetzt bzw. aufgebracht. Ein beweglicher oberer Heizer (Heizeinrichtung) **153** wird entlang der durch den Pfeil veranschaulichten Richtung bewegt, während die dünne Si-Schicht **111a** von der Rückseite unter Benutzung eines unteren Heizers **152**, der an dem Boden der Kohle-Basis **151** befestigt ist, aufgeheizt wird, wodurch die Korngröße der dünnen Si-Schicht **111a** durch Zonenschmelz-Rekristallisation (ZMR = zone melting recrystallization) vergrößert wird, so daß sich eine aktive Schicht **111** ergibt (**Fig. 2(b)**).

Nach Entfernen der Deckschicht **122** wird Dotiermittel des Leitungstyps n wie etwa Phosphor in die aktive Schicht **111** von der Oberseite zur Ausbildung eines Bereichs **112** des Leitungstyps n eindiffundiert. Vorzugsweise ist der Bereich **112** des Leitungstyps n dünner als 0,5 µm. Zwischen dem Bereich **112** des Leitungstyps n und der aktiven Schicht **111** des Leitungstyps p wird ein pn-Übergang gebildet. Danach wird SiN auf den Bereich **112** des Leitungstyps n vorzugsweise durch Plasma-CVD oder OPCVD bis zu einer Dicke von 80 bis 100 nm (800 bis 1000 Å) abgeschieden, wodurch ein Antireflexionsfilm **114** gebildet wird. Gleichzeitig wird SiN auf der Rückseite des niedrigen Reinheitsgrads besitzenden Si-Substrats **110a** mit einer Dicke unterhalb 100 nm (1000 Å) abgeschieden.

Nach der Maskierung eines Teils des SiN-Films auf der rückseitigen Oberfläche durch einen säurebeständigen Photoresist wird der Film aus SiN durch Flußsäure geätzt, wobei ein Abschnitt **115** auf einem Bereich des niedrigen Reinheitsgrads besitzenden Substrats **109**, in dem das vorstehend beschriebene rahmenförmige Trägersubstrat **110** auszubilden ist, verbleibt (**Fig. 2(c)**).

Bei dem in **Fig. 2(d)** gezeigten Schritt wird ein nicht dargestellter säurebeständiger Photoresist selektiv mittels Siebdruck auf dem Film **114** aus SiN mit Ausnahme von Bereichen, in denen die Oberflächenelektroden **10a** und **10b** auszubilden sind, ausgedruckt und dann gebacken. Unter Benutzung des säurebeständigen Photoresists als Maske werden Abschnitte des Films **114** aus SiN durch Flußsäure geätzt, wodurch der den Leitungstyp n besitzende Bereich **112** der aktiven Schicht **111** selektiv freigelegt wird. Nach Entfernung des Musters aus säurebeständigem Photoresist wird eine Silberpaste mittels Siebdruck auf die freigelegten Abschnitte des Leitungstyps n besitzenden Bereichs **112** mit einer Dicke von 20 bis 30 µm aufgedruckt. Danach wird die Silberpaste zur Vervollständigung der Oberflächenelektroden **10a** und **10b** gebacken bzw. gebrannt.

Ein laugenbeständiges Wachs **131** mit einem Schmelzpunkt von 150 bis 230°C wird über die bzw. auf der Vorderseite aufgebracht und eine Glasplatte **132**

wird über das Wachs 131 auf der Vorderseite befestigt bzw. angeklebt (Fig. 3(a)). Anstelle der Glasplatte kann eine Platte aus rostfreiem Stahl (SUS) eingesetzt werden.

Danach wird das Substrat in eine Lösung mit mehreren zehn Gewichtsprozenten KOH zur Ätzung des niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrats 109 eingetaucht (Fig. 3(b)). Da der Film 115 aus SiN als Maske wirkt, wird lediglich der mittlere Teil des niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrats 109 weggeätzt. In der KOH-Lösung wird Silizium mit einer Ätzrate geätzt, die ungefähr mehrere 100 mal so groß ist wie diejenige von SiN, so daß der Ätzvorgang an dem Film 121 aus SiO beendet wird. Dies bedeutet, daß der Film 121 aus SiO während des unter Einsatz der KOH-Lösung erfolgenden Ätzvorgangs als Ätzstopp wirkt.

Bei dem in Fig. 3(c) gezeigten Schritt wird der als Ätzmaske eingesetzte Film 115 aus SiN und der als Ätzstopp dienende Film 121 SiO unter Einsatz von Flußsäure entfernt. Danach wird die Glasplatte 132 von der Oberfläche der aktiven Schicht 111 abgenommen (Fig. 4(a)).

In dem Schritt gemäß Fig. 4(b) wird Al auf der Rückseite des Aufbaus mit einer Dicke von ungefähr 1 µm, vorzugsweise durch Sputtern oder Dampfabcheidung, aufgebracht, wodurch die Rückseite Elektrode 106 gebildet wird. Die rückseitige Elektrode 106 wird bei 500 bis 800°C gebrannt, um eine die rückseitige Elektrode 106 kontaktierende BSF-Region 113 des Leitungstyps p innerhalb der aktiven Schicht 111 zu bilden (Fig. 4(b)).

Während bei der herkömmlichen Dünnschicht-Solarzelle sowohl die aktive Schicht als auch das die aktive Schicht tragende Substrat hochreines Material enthalten, enthält bei diesem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung lediglich die aktive Schicht 111, die dünner ist als 100 µm und die photoelektrische Umwandlung bewirkt, das hochreine Material, während das dicke, die dünne aktive Schicht 111 tragende Substrat 110 Material niedrigen Reinheitsgrads enthält. Daher wird die Dünnschicht-Solarzelle mit geringerer Menge an hochreinem Material hergestellt, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

Der isolierende Film 121 aus SiO, der zwischen das aus Material geringen Reinheitsgrads bestehende Trägersubstrat 110 und die aus hochreinem Material bestehende aktive Schicht 111 eingefügt ist, verhindert, daß während der thermischen Behandlungen bei der Herstellung Verunreinigungen in dem niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrat 109 in die aktive Schicht 111 eindiffundieren.

Zusätzlich dient die isolierende Schicht 121 bei dem selektiven Ätzen des geringen Reinheitsgrad besitzenden Substrats 109 als Ätzstopp und verhindert ein Ätzen der dünnen aktiven Schicht 111. Daher wird das Trägersubstrat 110 mit hoher Genauigkeit hergestellt.

Da das Trägersubstrat 110 rahmenförmige Gestalt entlang der Ränder der aktiven Schicht besitzt, ist ein Teil der aktiven Schicht in der Mitte der rückseitigen Oberfläche des Trägersubstrats 110 freigelegt. Daher kann die Kontaktierung zwischen der rückseitigen Elektrode 116 und der aktiven Schicht 111 leicht hergestellt werden, wenn die rückseitige Elektrode auf die gesamte Oberfläche des Trägersubstrats aufgebracht wird.

Da das Trägersubstrat 110 auf der Rückseite der aktiven Schicht 111 vorhanden ist, liegen die Oberflächen-elektroden 10a und 10b der Solarzelle 101 frei. Wenn daher eine Vielzahl der Solarzellen 101 in matrixförmiger Anordnung auf einem Trägersubstrat zur Herstel-

lung eines Solarzellen-Moduls angeordnet werden, kann die Verbindung zwischen benachbarten Solarzellen im Gegensatz zu der herkömmlichen Solarzelle, bei der die Oberflächenelektroden durch das Trägersubstrat abgedeckt werden, einfach bewerkstelligt werden.

Bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel wird ein Film aus SiO als der zwischen das Trägersubstrat 110 und die aktive Schicht 111 eingefügte isolierende Film 121 eingesetzt. Statt dessen kann ein Film aus SiN mit denselben Wirkungen, wie sie vorstehend beschrieben wurden, eingesetzt werden.

Die Gestalt des Trägersubstrats 110 ist nicht auf die in Fig. 1(a) gezeigte rahmenförmige Gestalt beschränkt. Eine Vielfalt von Strukturen bzw. Gestaltungen können in Betracht gezogen werden und manche hiervon werden nachstehend als Abänderungen des ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung beschrieben.

In den Fig. 5(a) und 5(b) ist eine Dünnschicht-Solarzelle dargestellt, die eine erste Abänderung der in den Fig. 1(a) und 1(b) gezeigten Dünnschicht-Solarzelle 101 darstellt. Hierbei ist in Fig. 5(a) eine Draufsicht auf die Unterseite und in Fig. 5(b) eine entlang der Linie Vb-Vb in Fig. 5(a) gesehene Schnittansicht gezeigt. Bei dieser Abänderung enthält die Dünnschicht-Solarzelle 101a ein gestreiftes bzw. streifenförmiges Trägersubstrat 110a anstelle des rahmenförmigen Trägersubstrats 110. Das gestreifte bzw. streifenförmige Trägersubstrat 110a umfaßt einen Rahmenteil 110a₁, der entlang der Ränder der aktiven Schicht 111 angeordnet ist, und eine Mehrzahl von beabstandeten parallelen Teilen 110a₂, die innerhalb des Rahmentails 110a₁ angeordnet sind. Die Trägerstruktur 1a umfaßt das Trägersubstrat 110a und den isolierenden Film 121. Die übrigen Gestaltungen sind identisch mit denjenigen, die bereits unter Bezugnahme auf die Fig. 1(a) und 1(b) beschrieben wurden.

In den Fig. 6(a) und 6(b) ist eine Dünnschicht-Solarzelle gezeigt, die eine zweite Abänderung der in den Fig. 1(a) und 1(b) gezeigten Dünnschicht-Solarzelle 101 darstellt. Hierbei zeigt Fig. 6(a) eine Draufsicht auf die Unterseite, während in Fig. 6(b) eine Schnittansicht gezeigt ist, die entlang der Linie VIb-VIb in Fig. 6(a) gesehen ist. Bei dieser zweiten Abänderung enthält die Dünnschicht-Solarzelle 101b ein wabenförmiges Trägersubstrat 110b anstelle des rahmenförmigen Trägersubstrats 110. Das rahmenförmige Trägersubstrat 110b enthält einen Rahmenteil 110a₁, der entlang der Ränder der aktiven Schicht 111 angeordnet ist, und einen gitterförmigen Teil 110a₃, der innerhalb des Rahmentails angeordnet ist. Die Trägerstruktur 1b umfaßt das Trägersubstrat 110b und den isolierenden Film 121. Die übrigen Gestaltungen sind identisch mit denjenigen, die bereits anhand der Fig. 1(a) und 1(b) beschrieben wurden.

In den Fig. 7(a) und 7(b) ist eine Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einer dritten Abänderung der in den Fig. 1(a) und 1(b) gezeigten Dünnschicht-Solarzelle 101 dargestellt. Hierbei zeigt die Fig. 7(a) eine Draufsicht auf die Unterseite, während Fig. 7(b) eine Schnittansicht zeigt, die entlang der Linie VIIb-VIIb in Fig. 7(a) gesehen ist. Bei dieser dritten Abänderung umfaßt die Dünnschicht-Solarzelle 101c eine Mehrzahl von Säulen 110a₄, die auf der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht 111 anstelle des rahmenförmigen Trägersubstrats 110 angeordnet sind. Die Trägerstruktur 1c umfaßt die Säulen 110a₄ und die isolierenden Sperrschichten 121. Die übrigen Gestaltungen sind identisch mit denjenigen, die bereits anhand der Fig. 1(a) und 1(b) beschrieben wurden.

Die Gestaltung des Trägersubstrats ist nicht auf die

vorstehend beschriebenen Gestaltungen beschränkt. Beispielsweise kann ein polygonales, rahnenförmiges Trägersubstrat oder ein spiralförmiges Trägersubstrat eingesetzt werden.

In den Fig. 8(a) und 8(b) sind Darstellungen einer in Übereinstimmung mit einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung stehenden Dünnschicht-Solarzelle gezeigt, wobei in Fig. 8(a) eine Draufsicht von unten und in Fig. 8(b) eine Schnittansicht gezeigt ist, die entlang der Linie VIIIb-VIIIb in Fig. 8(a) aufgenommen ist. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel besitzt die Trägerstruktur 2 ein wabenförmiges Trägersubstrat 110d und den isolierenden Film 121. Die kammförmigen Oberflächenelektroden 10a und 10b sind auf der aktiven Schicht 111 derart angeordnet, daß die linearen Sammelelektroden 10a₁ und 10b₁ jeweils den linearen Bereichen 110d₁ und 110d₂ des Trägersubstrats 110d gegenüberliegen. Wenn ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Mehrzahl der Dünnschicht-Solarzellen gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel hergestellt wird, können die Sammelelektroden die mechanische Beanspruchung, die auf diese Sammelelektroden während des Draht-Bond-Verfahrens ausgeübt wird, aushalten.

Dieses zweite Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann jeweils bei den Dünnschicht-Solarzellen 101a bzw. 101b gemäß den Fig. 5(a) und 5(b) sowie 6(a) und 6(b) unter Erzielung derselben, vorstehend beschriebenen Wirkungen eingesetzt werden.

In Fig. 9(a) ist ein drittes Ausführungsbeispiel der Dünnschicht-Solarzelle gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Dünnschicht-Solarzelle 103 weist bei diesem dritten Ausführungsbeispiel eine aktive Schicht 141 auf, die eine texturierte Oberfläche, d. h. eine Oberfläche mit einer Mehrzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen besitzt, durch die die optische Pfadlänge von in die aktive Schicht einfallendem Licht vergrößert wird. Die übrigen Gestaltungen sind identisch mit denjenigen der Dünnschicht-Solarzelle 101 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

Ein Verfahren zur Herstellung der Dünnschicht-Solarzelle 103 ist in den Fig. 10(a) bis 10(d), 11(a) bis 11(c) und 12(a), 12(b) dargestellt. Im Einzelnen veranschaulichen die Fig. 10(a) bis 10(d) Verfahrensschritte, die auf der Vorderseite durchgeführt werden, während in den Fig. 11(a) bis 11(c) Verfahrensschritte zur Ausbildung der Trägerstruktur dargestellt und in den Fig. 12(a) und 12(b) Verfahrensschritte zur Herstellung der rückseitigen Elektrode gezeigt sind.

Zunächst wird, wie in Fig. 2(a) oder 10(a) dargestellt ist, der Film 121a aus SiO mit einer Dicke von mehreren µm auf niedrigen Reinheitsgrad besitzende Si-Substrat 109 aufgebracht und die Si-Schicht 111a mit einer Dicke von weniger als 100 µm auf dem Film 121a aus SiO aufgebracht. Danach wird die dünne Si-Schicht 111a einem Zonenschmelz-Rekristallisationsverfahren unterzogen, wodurch eine aktive Schicht mit einer [100]-Oberflächenorientierung gebildet wird. Danach wird die Oberfläche der aktiven Schicht einer Naßätzung unter Einsatz einer Mischung aus Alkali wie etwa KOH und NaOH und Wasser unterzogen, wodurch eine Vielzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen mit [111]-Ebenen auf der Oberfläche der aktiven Schicht 141 gebildet wird (Fig. 10(a)). Die Ätzrate und der Scheitelwinkel der pyramidenförmigen Vorsprünge werden durch Hinzufügung einer geeigneten Menge von Alkohol zum Ätzmittel gesteuert.

Bei den Schritten gemäß Fig. 10(b) wird ein Dotiermaterial des Leitungstyps n wie etwa Phosphor in die

aktive Schicht 141 von der Oberfläche eindiffundiert, um eine Region 142 des Leitungstyps n zu schaffen, die mit der aktiven Schicht 141 des Leitungstyps p einen pn-Übergang ausbildet. Vorzugsweise ist die Region 142 des Leitungstyps n dünner als 0,5 µm. Danach wird SiN auf der Region 142 des Leitungstyps n aufgebracht, wodurch ein Antireflexionsfilm 144 gebildet wird. Zur gleichen Zeit wird SiN auf der Rückseite des niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Si-Substrats 110a aufgebracht. Danach wird der SiN-Film auf der Rückseite mit einem Muster versehen, wobei ein Bereich 115 auf einer Region verbleibt, auf der das nachstehend beschriebene rahnenförmige Trägersubstrat 110 auszubilden ist (Fig. 10(c)).

Bei dem Schritt gemäß Fig. 10(d) werden Bereiche des Films 144 aus SiN selektiv abgeätzt, um die aktive Schicht 141 freizulegen, und die Oberflächenelektroden 10a und 10b werden auf den freigelegten Bereichen der aktiven Schicht 141 ausgebildet. Danach wird ein Wachs 131 auf die vordere Oberfläche aufgebracht (Fig. 11(a)) und eine Glasplatte 132 mit Hilfe des Wachses 131 an der Vorderseite befestigt (Fig. 11(b)), wonach sich das Ätzen des niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrats 109 und des isolierenden Films 121a anschließt (Fig. 11(c) und 11(d)).

Nach der Entfernung der Glasplatte 132 (Fig. 12(a)) werden die rückseitige Elektrode 116 und die BSF-Region 113 auf der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht 141 ausgebildet (Fig. 12(b)), wodurch die Dünnschicht-Solarzelle 103 fertig hergestellt ist.

Da bei dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die pyramidenförmigen Vorsprünge mit [111]-Ebenen auf der Oberfläche der aktiven Schicht 141 vorhanden sind, sind die Reflexionsverluste des einfallenden Lichts erheblich verringert. Zusätzlich ist die optische Pfadlänge in der aktiven Schicht aufgrund der Brechung des einfallenden Lichts an der Oberfläche vergrößert, wodurch die Lichtabsorption in der aktiven Schicht wesentlich erhöht wird.

In Fig. 9(b) ist eine Schnittansicht gezeigt, die eine Dünnschicht-Solarzelle gemäß einer Abänderung der in Fig. 9(a) dargestellten Dünnschicht-Solarzelle veranschaulicht. Die Dünnschicht-Solarzelle gemäß Fig. 9(b) weist eine aktive Schicht 141a mit einer Vielzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite auf, wobei die Vorsprünge die optische Pfadlänge des einfallenden Lichts in der aktiven Schicht 141a vergrößern. Die übrigen Gestaltungen sind identisch mit denjenigen bei der Solarzelle gemäß Fig. 9(a).

Das Herstellungsverfahren ist in den Fig. 13(a) bis 13(c) gezeigt. Nach Ausbildung des Trägersubstrats 110 durch selektives Ätzen des niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrats 109 und des isolierenden Films 121 (Fig. 13(a)) wird die rückseitige Oberfläche der aktiven Schicht 141a einem Ätzverfahren unter Einsatz eines Gemischs aus Alkali wie etwa KOH oder NaOH und Wasser unterzogen, wodurch eine Vielzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen mit (111)-Ebenen auf der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht 141a ausgebildet wird (Fig. 13(b)).

Zur Vervollständigung der Dünnschicht-Solarzelle gemäß Fig. 9(b) wird die Glasplatte 132 entfernt und die rückseitige Elektrode 146 und die Rückseitenfeld-Region 143 werden erzeugt, wie in Fig. 13(c) gezeigt ist.

Bei dieser abgeänderten Ausführungsform besitzen sowohl die vordere als auch die rückseitige Oberfläche der aktiven Schicht 141a eine Vielzahl von pyramiden-

förmigen Vorsprüngen mit (111)-Ebenen, wobei die optische Pfadlänge des durch die rückseitige Elektrode 146 reflektierten Lichts in der aktiven Schicht vergrößert wird, so daß die Lichtabsorption in der aktiven Schicht weiter erhöht ist.

Die Fig. 14(a) bis 14(c) und 15(a) bis 15(c) zeigen Schnittansichten, die Verfahrensschritte bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnfilm-Solarzelle gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel vorliegender Erfindung veranschaulichen. Während bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel die Zonenschmelz-Rekristallisation der aktiven Schicht auf dem niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrat 109 durchgeführt wird, wird sie bei diesem vierten Ausführungsbeispiel auf einer Kohlen- bzw. Kohlenstoff-Basis mit kleinen Verunreinigungs-Diffusionskoeffizienten durchgeführt. In den Fig. bezeichnen die gleichen Bezugszeichen wie bei den Fig. 2(a) bis 2(d), 3(a) bis 3(c) und 4(a), 4(b) dieselben oder entsprechende Teile.

Bei dem Schritt gemäß Fig. 14(a) werden eine Schicht 121a aus SiO₂, eine Si-Schicht 111a hoher Reinheit und eine Deckschicht 122 aus SiO₂ oder SiN aufeinanderfolgend auf einem ersten, geringen Reinheitsgrad besitzenden Substrat 109b, das eine Vielzahl an Verunreinigungen enthält, aufgebracht. Die laminierten Schichten 121a, 111a und 122 werden im folgenden als laminierter Aufbau 160 bezeichnet. Danach wird eine Trägerplatte 132 an der Deckschicht 122 unter Einsatz von Wachs 131 (Fig. 14(b)) befestigt und das erste, niedrigen Reinheitsgrad besitzende Substrat 109b auf der rückseitigen Oberfläche wird durch Ätzen entfernt (Fig. 14(c)).

Der laminierte Aufbau 160 wird auf eine Kohlen- oder Kohlenstoff-Basis 151 mit niedrigem Verunreinigungsdiffusionskoeffizienten aufgebracht (Fig. 15(a)). Nach Entfernung der Trägerplatte 132 von der Deckschicht 122 wird der laminierte Aufbau 160 von der rückseitigen Oberfläche unter Einsatz eines feststehenden unteren Heizers 152 erhitzt und es wird ein beweglicher oberer Streifenheizer bzw. streifenförmiger Heizer 153 entlang der durch den Pfeil veranschaulichten Richtung bewegt, wodurch die Kristall-Korngröße der dünnen Si-Schicht 111a durch Zonenschmelz-Rekristallisierung (ZMR) vergrößert wird, wodurch sich eine aktive Schicht ergibt (Fig. 15(b)).

Der laminierte Aufbau 160 wird nach dem Zonenschmelz-Rekristallisationsvorgang auf einem zweiten, niedrigen Reinheitsgrad besitzenden Substrat 109a befestigt (Fig. 15(c)). Nach Entfernung der Trägerplatte 132 und der Deckschicht 122 wird die Dünnfilm-Solarzelle durch die in den Fig. 2(c) und 2(d) gezeigten Behandlungsschritte für die Vorderseite und die in den Fig. 3(a) bis 3(c) und 4(a) bis 4(b) gezeigten Bearbeitungsschritte für die Rückseite fertiggestellt.

Da die Hochtemperaturbehandlung der aktiven Schicht bei dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung auf der Kohlen- oder Kohlenstoff-Basis 151 durchgeführt wird, kann für die Trägersubstrate 109a und 109b Material niedrigen Reinheitsgrads eingesetzt werden, das billiger ist als dasjenige, das bei dem ersten Ausführungsbeispiel benutzt wird.

Bei dem vorstehend beschriebenen ersten bis vierten Ausführungsbeispiel wird als isolierende Sperrschicht der Film aus SiO₂ oder der Film aus SiN eingesetzt. Statt dessen kann aber auch ein hitzebeständiger isolierender Film wie etwa ein Film aus BN oder ein Film aus TiB₂ oder ein Laminat aus diesen Filmen eingesetzt werden.

In den Fig. 16(a) bis 16(d) sind Schnittansichten gezeigt, die Verfahrensschritte zur Herstellung einer Öff-

nung in einem Antireflexionsfilm einer Dünnfilm-Solarzelle gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

In diesen Figuren bezeichnet das Bezugszeichen 301 ein Substrat aus Si. Innerhalb des Substrats 301 aus Si ist eine bis zur Oberfläche des Substrats reichende aktive Region 301a unter Ausbildung eines pn-Übergangs angeordnet. Ein Antireflexionsfilm 310 ist auf dem Substrat 301 aus Si angeordnet. Der Antireflexionsfilm 310 umfaßt einen unteren Antireflexionsfilm 302, der SiN mit einem kleineren Brechungsindex als Si enthält, und einen oberen Antireflexionsfilm 303, der SiO₂ mit einem kleineren Brechungsindex als SiN aufweist. Der obere Antireflexionsfilm 303 dient als Maske, wenn der untere Antireflexionsfilm 302 durch erwärmte Phosphorsäure geätzt wird. Während des Ätzens wird der untere Antireflexionsfilm 302 aus SiN mit einer Ätzrate geätzt, die um ein mehrfaches größer ist als diejenige des oberen Antireflexionsfilms 302. Die für den oberen Antireflexionsfilm erforderliche Dicke einer fertigen Solarzelle beträgt ungefähr 80 nm (800 Å) und es werden ungefähr 40 nm (400 Å) des oberen Antireflexionsfilms während des Ätzens des unteren Antireflexionsfilms 302 durch erhitzte Phosphorsäure weggeätzt. Daher sollte der Film 303 aus SiO₂, der sowohl als Ätzmaske als auch als Antireflexionsfilm dient, dicker als 120 nm (1200 Å) sein. Ein gedrucktes Fotoresist-Muster 304 mit einer Öffnung 304a dient als eine Maske zum Bemustern bzw. zur Formgebung des darunterliegenden oberen Antireflexionsfilms 303. Die Öffnung 304a ist derart angeordnet, daß sie einem Bereich, in dem eine Oberflächenelektrode 311 auszubilden ist, gegenüberliegt.

Nachstehend wird das Herstellungsverfahren beschrieben.

Zunächst wird der untere, SiN enthaltende Antireflexionsfilm 302 mit einer Dicke von ungefähr 80 nm (800 Å) auf der fotoempfindlichen Oberfläche des Si-Substrats 301 mit der aktiven, einen pn-Übergang ausbildenden Region 301a aufgebracht und es wird der obere, SiO₂ enthaltende Antireflexionsfilm 303 auf dem unteren Antireflexionsfilm 302 mit einer Dicke von ungefähr 120 nm (1200 Å) aufgebracht. Danach wird der Fotoresist-Film 304 auf dem oberen Antireflexionsfilm 303 gedruckt und es wird die Öffnung 304a derart ausgebildet, daß sie einem Bereich 301b, in dem die Oberflächenelektrode auszubilden ist, gegenüberliegt (Fig. 16(a)).

Wenn das Fotoresist-Muster 304 als Maske eingesetzt wird, wird der obere, SiO₂ enthaltende Antireflexionsfilm 303 durch verdünnte Flußsäure geätzt, wodurch eine Öffnung 303a gebildet wird (Fig. 16(b)).

Nach Beseitigung des Fotoresist-Musters 304 durch ein spezielles Lösungsmittel (Fig. 16(c)) unter Benutzung des gemusterten oberen Antireflexionsfilms 303 aus SiO₂ als Maske wird der untere, aus SiN bestehende Antireflexionsfilm 302 mit erhitzter Phosphorsäure geätzt, wodurch eine Öffnung 302a gebildet wird. Somit wird eine Öffnung 310a geschaffen, die durch einen Bereich des zweischichtigen Aufbau besitzenden Antireflexionsfilms 310 hindurchgeht. Schließlich wird die Oberflächenelektrode 311 auf einem in der Öffnung 310a freiliegenden Abschnitt des Si-Substrats ausgebildet, wodurch die Dünnfilm-Solarzelle 105 fertiggestellt ist (Fig. 16(d)).

Gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird das selektive Ätzen des unteren Antireflexionsfilms 302 unter Einsatz des oberen Antireflexionsfilms 303 als Maske durchgeführt. Daher kann der Schritt der Entfernung der Ätzmaske nach dem Ät-

zen des unteren Antireflexionsfilms 302 entfallen.

Auch wenn bei der Musterformgebung des oberen Antireflexionsfilms 303 die Fotoresistmaske eingesetzt wird, ist die Oberfläche des Antireflexionsfilms 310 nicht durch den Fotoresist verunreinigt, da die Oberfläche des oberen Antireflexionsfilms 303 nach der Entfernung der Fotoresist-Maske dem Ätzvorgang unterworfen wird, so daß die Reinheit der Oberfläche des Antireflexionsfilms verbessert ist.

In den Fig. 17(a) bis 17(e) sind Verfahrensschritte bei einem Verfahren zur Herstellung einer Dünnschicht-Solarzelle in Übereinstimmung mit einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Bei diesem sechsten Ausführungsbeispiel wird vor der Ausbildung des unteren Antireflexionsfilms 302 ein oberflächenpassivierender, SiO_2 enthaltender Film 307 auf der fotoempfindlichen Oberfläche des Halbleitersubstrats 301 ausgebildet. Die weiteren Verfahrensschritte sind identisch mit denjenigen, die in den Fig. 16(a) bis 16(d) gezeigt sind.

Auch bei diesem sechsten Ausführungsbeispiel muß der obere Antireflexionsfilm 303 aus SiO_2 , der in dem Schritt gemäß Fig. 17(a) aufgebracht wird, dicker sein als der obere Antireflexionsfilm 303 der fertiggestellten, in Fig. 17(e) gezeigten Struktur, da er in den Schritten gemäß den Fig. 17(c) und 17(d) geätzt wird. Genauer gesagt, muß der obere Antireflexionsfilm 303 aus SiO_2 im Schritt gemäß Fig. 17(a) ungefähr 200 nm (2000 Å) dick sein, da er bei dem Schritt der Ätzung des unteren Antireflexionsfilms 302 mit erwärmter Phosphorsäure um ungefähr 40 nm (400 Å) und bei dem Schritt der Ätzung des oberflächenpassivierenden Films 307 mit Flußsäure um ungefähr 80 nm (800 Å) abgeätzt wird.

Nachstehend wird das Herstellungsverfahren beschrieben.

Bei dem Schritt gemäß Fig. 17(a) wird der oberflächenpassivierende Film 307 auf der fotoempfindlichen Oberfläche des Halbleitersubstrats 301, das die aktive Region 301a unter Ausbildung eines pn-Übergangs enthält, ausgebildet. Danach werden der untere Antireflexionsfilm 302 aus SiN mit einer Dicke von ungefähr 80 nm und der obere Antireflexionsfilm 303 aus SiO_2 mit einer Dicke von ungefähr 200 nm aufeinanderfolgend auf dem oberflächenpassivierenden Film 307 aufgebracht. Dann wird der Fotoresist-Film 304 auf dem oberen Antireflexionsfilm 303 aufgedruckt und die Öffnung 304a in dem Fotoresist-Film 304 in einem Bereich ausgebildet, der einem Bereich 301b, in dem die Elektrode auszubilden ist, gegenüberliegt.

In den Schritten gemäß den Fig. 17(b) bis 17(d) werden der obere Antireflexionsfilm 303 und der untere Antireflexionsfilm 302 in derselben Weise wie vorstehend bei dem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben, gemustert, wodurch der Antireflexionsfilm 310 mit der Öffnung 310a gebildet wird.

Bei dem Schritt gemäß Fig. 17(e) wird der oberflächenpassivierende Film 307 unter Benutzung des Antireflexionsfilms 310 als Maske geätzt, um die Oberfläche der aktiven pn-Übergangs-Region 301a in der Öffnung 310a freizulegen, und es wird die Elektrode 311 auf dem freigelegten Teil der aktiven Region 301a gebildet, wodurch die Dünnschicht-Solarzelle 106 fertiggestellt ist.

Da sich bei diesem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Oberfläche des Substrats 301 aus Si in Kontakt mit dem oberflächenpassivierenden Film 307 aus SiO_2 befindet, sind Rekombinationen

an der Oberfläche des Si-Substrats, verglichen mit denjenigen beim fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, verringert.

Bei dem vorstehend beschriebenen fünften und sechsten Ausführungsbeispiel enthält der obere Antireflexionsfilm SiO_2 und der untere Antireflexionsfilm SiN . Der obere Antireflexionsfilm kann jedoch auch MgF_2 mit einem Brechungsindex von 1,37 bis 1,39 enthalten, während der untere Antireflexionsfilm TiO_2 mit einem Brechungsindex von 2,2 oder Ta_2O_5 mit einem Brechungsindex von 2,15 enthalten kann.

In Fig. 18 ist eine schematische Darstellung gezeigt, die ein automatisches Ätzgerät (automatische Ätzeinrichtung) in Übereinstimmung mit einem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Dieses Ätzgerät 107 ist in den Grundzügen identisch mit dem herkömmlichen, in Fig. 31 gezeigten Ätzgerät 400, mit der Ausnahme, daß eine Meßeinrichtung 402 zur Messung des Reflexionsvermögens mit der Steuereinrichtung 403 verbunden ist. Die Meßeinrichtung 402 zur Messung des Reflexionsvermögens überwacht das Reflexionsvermögen an der Oberfläche des in das Ätzmittel 406 eingetauchten Teils 407 und gibt ein Überwachungssignal an die Steuereinrichtung 403 ab. Die Steuereinrichtung 403 steuert die Fördereinrichtung 401 in Abhängigkeit von dem von der Meßeinrichtung 402 für das Reflexionsvermögen abgegebenen Überwachungssignal.

Genauer gesagt, steuert die Steuereinrichtung 403 die Fördereinrichtung 401 derart, daß der Teilebehälter 404 aus dem Bad 405 herausgenommen wird, wenn in dem Überwachungssignal ein Wechsel des Reflexionsvermögens auftritt bzw. angezeigt wird. Die Meßeinrichtung 402 zur Messung des Reflexionsvermögens enthält eine nicht gezeigte Lasereinrichtung zur Bestrahlung der Oberfläche des Teils mit Laserlicht und eine nicht gezeigte Meßeinrichtung zum Messen des von der Teileoberfläche reflektierten Laserlichts. Das Reflexionsvermögen der Teileoberfläche wird überwacht und das Überwachungssignal wird an die Steuereinrichtung 403 angelegt. Zusätzlich wird als das Ätzmittel 404 eine KOH-Lösung eingesetzt.

In den Fig. 19(a) und 19(b) sind schematische Darstellungen eines Teils (Muster oder Exemplar) 407 vor bzw. nach dem Ätzvorgang gezeigt. Das Teil 407 enthält ein Si-Substrat 407d, eine Ätzstoppschicht 407a, die in dem Si-Substrat eingebettetes SiO_2 oder dergleichen enthält, und Schutzfilme 407c, die auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats 407d und auf vorgegebenen Bereichen auf der Vorderseite des Substrats aufgebracht sind Si_3N_4 oder dergleichen enthalten.

Gemäß Fig. 19(b) ist eine Rille 407b durch selektives Abätzen eines Bereichs des Si-Substrats 407d unter Benutzung der Schutzfilme 407c auf der Vorderseite als Maske ausgebildet. Die Ätzstop-Schicht 407a ist an dem Boden der Rille 407b freigelegt.

Nachstehend wird die Arbeitsweise des automatischen Ätzgeräts beschrieben.

Zunächst wird das in Fig. 19(a) gezeigte Teil 407 in den Teilebehälter 404 gebracht. Wenn das Ätzgerät 107 in Betrieb genommen wird, wird der Teilebehälter 404 durch die Fördereinrichtung 401 transportiert und in das Ätzmittel 406 in dem Bad 405 eingetaucht. Gleichzeitig beginnt die Meßeinrichtung 402 für die Messung des Reflexionsvermögens die Überwachung bzw. Detektion des Lichts, das an der Oberfläche des Teils 407 reflektiert wird.

In dem Bad 405 wird die freiliegende Oberfläche des

Si-Substrats 407d durch die KOH-Lösung bei 70 bis 80°C solange geätzt, bis die in dem Substrat eingebettete Ätzstop-Schicht 407a freigelegt ist, wie in Fig. 19(b) gezeigt ist. Wenn die Ätzstop-Schicht 407a freigelegt ist, verändert sich das Reflexionsvermögen des eine Wellenlänge von 1 µm besitzenden Laserlichts an der Ätz-Vorderfläche von 30% (dies entspricht dem Reflexionsvermögen an der Oberfläche des Si-Substrats) auf ungefähr 50%, was dem Reflexionsvermögen an der Oberfläche der Ätzstop-Schicht 407a aus SiO₂ entspricht. Dieser Wechsel des Reflexionsvermögens wird durch die Meßeinrichtung 402 erfaßt und der Steuereinrichtung 403 gemeldet.

Bei Erhalt des Signals von der Meßeinrichtung 402 für die Messung des Reflexionsvermögens steuert die Steuereinrichtung 403 die Fördereinrichtung 401 derart, daß der Teilebehälter aus dem Bad 405 herausgenommen wird, wodurch der Ätzvorgang beendet ist.

Gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird stets eine gewünschte Ätztiefe unabhängig von einer Veränderung der Ätzrate erhalten.

Bei dem vorstehend beschriebenen siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die in dem Si-Substrat eingebettete Ätzstop-Schicht aus SiO₂ als Mittel zur Veränderung des Reflexionsvermögens der Ätzfront bzw. Ätz-Vorderseite eingesetzt, wenn die Ätztiefe einen gewünschten Wert erreicht. Die Mittel zur Veränderung des Reflexionsvermögens sind jedoch nicht hierauf beschränkt.

Die Fig. 20(a) und 20(b) zeigen schematische Darstellungen zur Erläuterung eines Ätzverfahrens mit Übereinstimmung mit einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In den Fig. 20(a) und 20(b) sind Teile jeweils vor bzw. nach dem Ätzvorgang dargestellt.

Gemäß diesen Figuren weist das Teil 417 ein Si-Substrat 417d mit einer (100)-Oberflächenorientierung auf. Eine texturierte Oberfläche 417a wird durch Ätzen der (100)-Oberfläche des Si-Substrats 417d mittels eines Ätzmittels mit einer Oberflächenorientierungs-Selektivität wie etwa Hydrazin (N₂H₄) erreicht, wobei (111)-Ebenen des Si-Substrats 417d unter Ausbildung einer Vielzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen freigelegt werden. Das Reflexionsvermögen der texturierten Oberfläche 417a bei einem Laserlicht mit einer Wellenlänge von 1 µm beträgt ungefähr 10%, während das Reflexionsvermögen des Lichts an der (100)-Oberfläche ungefähr 30% beträgt. Die Arbeitsweise wird nachstehend beschrieben. Wenn der das in Fig. 20(a) gezeigte Teil 417 enthaltende Behälter 404 in das Ätzmittel 406 wie etwa Hydrazin eingetaucht wird, beginnt das Ätzen oder (100)-Oberfläche des Si-Substrats 417d. Da das Ätzmittel 406 bezüglich der (111)-Ebene selektiv ist, schreitet der Ätzvorgang unter Freilegung der (111)-Ebenen des Si-Substrats fort und es werden nach Ablauf eines vorgegebenen Ätzzeitintervalls eine Mehrzahl von pyramidenförmigen Vorsprüngen auf der Oberfläche des Si-Substrats ausgebildet, d. h. die texturierte Oberfläche 417a erzielt. Hierbei ändert sich das Reflexionsvermögen der Ätzfrontseite von 30% auf 10% und diese Änderung des Reflexionsvermögens wird durch die Meßeinrichtung 402 zur Messung des Reflexionsvermögens erfaßt und ein entsprechendes Signal an die Steuereinrichtung 403 abgegeben. Bei Empfang des Signals der Meßeinrichtung 402 steuert die Steuereinrichtung 403 die Fördereinrichtung 401 derart, daß der Teilebehälter 404 aus dem Bad 405 herausgenommen wird, wodurch der Ätzvorgang beendet ist.

Bei dem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird eine gewünschte Ätztiefe stets völlig unabhängig von einer Veränderung der Ätzrate erhalten.

Während bei dem vorstehend beschriebenen siebten und achten Ausführungsbeispiel die Beendigung des Ätzvorgangs durch die Änderung des Reflexionsvermögens der Ätz-Frontfläche erfaßt wird, kann sie auch durch die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit des Ätzmittels detektiert werden.

In den Fig. 21(a) bis 21(c) sind schematische Darstellungen zur Erläuterung eines Ätzverfahrens in Übereinstimmung mit einem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert. Bei einem normalen Ätzvorgang wird eine Menge Blasen an der Ätz-Frontfläche erzeugt, die die Lichtdurchlässigkeit des Ätzmittels erheblich verringern. Bei diesem neunten Ausführungsbeispiel wird die Beendigung des Ätzvorgangs anhand der Erzeugung der Blasen, d. h. der Veränderung der Lichtdurchlässigkeit im Ätzmittel detektiert.

Das bei diesem neunten Ausführungsbeispiel eingesetzte automatische Ätzgerät weist eine Detektoreinrichtung 502 zur Überwachung bzw. Erfassung der Lichtdurchlässigkeit im Ätzmittel anstelle der Reflexionsvermögen-Meßeinrichtung 402 beim siebten und achten Ausführungsbeispiel auf, und es wird die Beendigung des Ätzvorgangs durch die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit des Ätzmittels erfaßt. Die Lichtdurchlässigkeits-Detektoreinrichtung 502 umfaßt eine Lasereinrichtung 502a, die Laserlicht parallel zu der Oberfläche des Teils 407 aussendet, und eine Lichtempfangseinrichtung 502b, die das Laserlicht empfängt. Die Lasereinrichtung 502a und die Empfangseinrichtung 502b liegen einander gegenüber, wobei sich das Teil 407 zwischen ihnen befindet.

Die Arbeitsweise wird nachstehend beschrieben.

Wenn der Behälter 404, der das Teil 407 mit demselben Aufbau wie der in Fig. 19(a) gezeigte enthält, in das Ätzmittel 406 in dem Bad 405 eingetaucht wird, beginnt das Ätzen des Teils 407. Die Lichtdurchlässigkeit in dem Ätzmittel 406 verringert sich aufgrund einer großen Anzahl von Blasen erheblich, die an der Ätzoberfläche des Teils 407 entstehen. Wenn die Ätzstop-Schicht 407a freigelegt ist, hört das Ätzen auf und es werden keine Blasen an der Oberfläche erzeugt, so daß sich die Lichtdurchlässigkeit beträchtlich ändert. Diese Veränderung der Lichtdurchlässigkeit wird durch den Detektor 502 erfaßt und der Steuereinrichtung 403 gemeldet. Wenn die Steuereinrichtung das Signal von dem Detektor 502 empfängt, steuert sie die Fördereinrichtung 401 derart, daß der Teilebehälter 404 aus dem Bad 405 herausgenommen wird, wodurch der Ätzvorgang beendet wird.

Gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird eine gewünschte Ätztiefe unabhängig von einer Veränderung der Ätzrate stets erzielt.

Bei dem Schritt des selektiven Ätzens der rückseitigen Oberfläche des Substrats der Halbleitereinrichtung, wie etwa bei dem Schritt der Ausbildung der Öffnung in dem Si-Substrat von der rückseitigen Oberfläche gemäß dem ersten bis vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es notwendig, das Teil wie etwa eine Dünnschicht-Solarzelle an einem Teilehalter unter Einsatz von Wachs oder dergleichen zu befestigen. Jedoch ist dieser Schritt sehr kompliziert und die Oberfläche des Teils wird nachteiligerweise durch das Wachs verunreinigt.

Dieses Problem wird nachstehend in größeren Einzelheiten unter Bezugnahme auf das Verfahren zur Her-

stellung einer Dünnschicht-Solarzelle gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert. Die Fig. 22(a) bis 22(g) zeigen Schnittansichten, die Verfahrensschritte zur Ausbildung einer Öffnung auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats veranschaulichen. In den Figuren bezeichnen Bezugszeichen, die den Bezugszeichen in den Fig. 1(a), 1(b), 2(a) bis 2(d), 3(a) bis 3(c) und 4(a), 4(b) entsprechen, dieselben oder entsprechende Teile. Das Bezugszeichen 109 bezeichnet ein kostengünstiges Substrat wie etwa MG-Si. Auf dem kostengünstigen Substrat 109 wird ein Film 121a aus SiO aufgebracht. Eine dünne Si-Schicht 111 mit einem pn-Übergang wird auf dem Film 121a aus SiO angeordnet. Innerhalb der Si-Schicht 111 ist ein bis zur Oberfläche reichender Übergangs-Ausbildungsbereich 112 angeordnet. Das Bezugszeichen 115 bezeichnet eine SiN-Film, der als eine Ätzmaske zum Schützen des Substrats 109 gegenüber dem Ätzmittel wie etwa KOH dient.

Weiterhin bezeichnet das Bezugszeichen 170a ein Exemplar bzw. Teil vor dem Ätzvorgang. Das Bezugszeichen 131 bezeichnet ein Schutzwachs zum Schützen der vorderen und der seitlichen Oberflächen des Teils 170a gegenüber dem Ätzmittel. Das Teil 170a wird mittels Wachs 131 an einem Teilehalter 132 befestigt. Vorzugsweise weist der Teilehalter 132 Quarz oder rostfreien Stahl auf.

Die in den Fig. 22(a) bis 22(c) gezeigten Verfahrensschritte sind identisch mit denjenigen, die bereits anhand der Fig. 2(a) bis 2(d) beschrieben wurden, und werden daher nicht nochmals erläutert.

Das in Fig. 22(c) gezeigte Teil 170a wird an dem Teilehalter 132, der etwas größer als das Teil 170a ist, unter Einsatz des Schutzwaches 131 befestigt (Fig. 22(d)).

Dann wird der Teilehalter 132 mit dem Teil 170a in einen nicht gezeigten Teilebehälter eingebracht und der Behälter wird in die KOH-Lösung eingetaucht. In der KOH-Lösung wird ein Bereich des Substrats 109, der nicht durch die Ätzmaske 115 maskiert ist, selektiv von der rückseitigen Oberfläche abgeätzt. Das Ätzen wird beendet, wenn der Film 121a aus SiO freigelegt ist, was zu dem in Fig. 22(e) gezeigten Teil 170b führt.

Danach wird das Wachs 131 durch Erwärmung erweicht und das Teil 170b wird vom Halter 132 unter Anwendung mechanischer Kraft abgenommen. Danach wird die Oberfläche des Teils 170b zur Beseitigung des Wachses 131 gewaschen.

Die Dünnschicht-Solarzelle 101 wird gemäß den in den Fig. 22(f) und 22(g) gezeigten Verfahrensschritten, die identisch mit den in den Fig. 4(a) und 4(b) gezeigten Verfahrensschritten sind, fertiggestellt.

Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren zur Ausbildung der Öffnung in dem Substrat von der rückseitigen Oberfläche sind jedoch komplizierte Verfahrensschritte erforderlich, nämlich der Schritt der Anbringung jedes Teils an dem Teilehalter unter Einsatz von Wachs, der Schritt des Abnehmens des Teils von dem Teilehalter unter Erweichung des Wachses und der Schritt des Waschens der Oberfläche des Teils zur Beseitigung des Wachses.

Zudem wird das Wachs durch Waschen nicht vollständig entfernt, so daß die Oberfläche des Teils durch das Wachs kontaminiert ist.

Die Fig. 23(a) und 24(a) bis 24(e) veranschaulichen ein Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle, bei dem die vorstehend angegebenen Probleme gelöst sind. In den Fig. 24(a) bis 24(e) sind Schnittansichten gezeigt, die Verfahrensschritte bei dem Verfahren veranschaulichen, während in Fig. 23(a) eine Schnittansicht

gezeigt ist, die das Teil unmittelbar nach dem Ätzvorgang veranschaulicht.

In diesen Figuren bezeichnen Bezugszeichen, die denjenigen in den Fig. 22(a) bis 22(g) entsprechen, dieselben oder entsprechende Teile. Das Bezugszeichen 106a bezeichnet ein Teil vor dem Ätzvorgang. Das Teil enthält ein kostengünstiges Substrat 109, einen auf dem kostengünstigen Substrat 109 angeordneten Film 121a aus SiO, eine auf dem Film 121a aus SiO angeordnete dünne aktive Schicht 111 und einen Übergangsbereich 112, der innerhalb der Si-Schicht 111 angeordnet ist und bis zur Oberfläche reicht. Ein Film 610 aus SiN ist auf der Vorderseite und den Seitenflächen des Teils sowie auf einem Teil der rückseitigen Oberfläche des Teils angeordnet.

Das Bezugszeichen 106b bezeichnet das Teil nach dem Ätzvorgang, wobei eine Öffnung 109a in einem Bereich, in dem der Film 610 aus SiN fehlt, ausgebildet ist.

Nachstehend wird der Herstellungsprozeß näher beschrieben.

Anfänglich werden der Film 121a aus SiO und der dünne Film aus polikristallinem Si auf dem kostengünstigen Substrat 109 ausgebildet bzw. abgeschieden und es wird der Übergangsbereich 112 innerhalb der dünnen Si-Schicht 111 bis zur Oberfläche reichend ausgebildet (Fig. 24(a)). Danach wird die Struktur gemäß Fig. 24(a) durch den Film 610 aus SiN mit Ausnahme eines Bereichs auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats 109, in dem die Öffnung zu bilden ist, abgedeckt, wodurch sich das Teil 106a vor dem Ätzschritt ergibt (Fig. 24(b)).

Das Teil 106a wird dann in einem nicht gezeigten Behälter gebracht und der Behälter in ein Ätzmittel wie etwa KOH eingetaucht. Durch das Ätzmittel wird der nicht durch den Film 610 aus SiN maskierte Bereich des kostengünstigen Substrats 109 selektiv weggeätzt, wodurch die Öffnung 109a gebildet wird. Das Ätzen wird beendet, wenn der Film 121a aus SiO in der Öffnung 109a freigelegt ist. Somit wird das in Fig. 24(c) gezeigte Teil 106b erzeugt.

Der Film 610 aus SiN und ein in der Öffnung 109a freigelegter Teil des Films 121a aus SiO werden unter Einsatz von erwärmter Phosphorsäure bzw. Flußsäure entfernt (Fig. 24(d)). Anschließend werden der Antireflexionsfilm 114, die Oberflächenelektroden 10a und 10b und die rückseitige, Aluminium oder dergleichen enthaltende Elektrode 116 gemäß denselben Verfahrensschritten erzeugt, wie sie bezüglich der Fig. 4(a), 4(b) beschrieben wurden, wodurch die in Fig. 24(e) gezeigte Dünnschicht-Solarzelle 101 fertiggestellt ist.

Da gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Vorderseite und die Seitenflächen des Teils 106a während des Ätzvorgangs vollständig durch den Film 610 aus SiN abgedeckt sind, kann der komplizierte Verfahrensschritt der Anbringung des Teils an dem Teilehalter 132 mittels Wachs entfallen. Zusätzlich wird die Oberfläche des Teils nicht durch das Wachs verunreinigt.

Bei dem vorstehend beschriebenen Herstellungsverfahren kann die Öffnung 109a des Substrats 110 nach der Ausbildung der Oberflächenelektroden 10a und 10b und des Antireflexionsfilms 114 ausgebildet werden.

Nachstehend wird ein Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle gemäß einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Hierbei wird die Öffnung des Substrats nach der Ausbildung der Oberflächenelektrode und des Antireflexions-

films hergestellt. Die Fig. 25(a) bis 25(e) zeigen Schnittansichten, die Verfahrensschritte bei diesem Verfahren erläutern, wobei die Fig. 23(b) eine Schnittansicht darstellt, die ein Teil nach dem Ätzvorgang zeigt.

In diesen Figuren bezeichnen Bezugszeichen, die gleich sind wie diejenigen in Fig. 23(a) und in den Fig. 24(a) bis 24(e), dieselben oder entsprechende Teile. Das Bezugszeichen 107a bezeichnet ein Teil vor dem Ätzvorgang. Das Teil 107a enthält ein Niederpreis-Substrat bzw. kostengünstiges Substrat 109, auf dem ein Film 121a aus SiO₂, Halbleiterschichten 111 und 112, Oberflächenelektroden 10a und 10b und ein Antireflexionsfilm 114 angeordnet sind. Der Aufbau ist vollständig mit Ausnahme eines Bereichs auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats 109, in dem eine Öffnung auszubilden ist, durch einen Film 710 aus SiN abgedeckt.

Das Bezugszeichen 107b bezeichnet ein Teil nach dem Ätzverfahren, wobei eine Öffnung 109a ausgebildet ist, die einen Bereich des kostengünstigen Substrats 109, in dem der Film 710 aus SiN fehlt, durchdringt.

Nachstehend wird das Herstellungsverfahren beschrieben.

Nach der Herstellung des Films 12a aus SiO₂, der dünnen Si-Schicht 111 und des Übergangs- bzw. Sperrschicht-Ausbildungsbereichs 112 (Fig. 25(a)) werden der Antireflexionsfilm (reflexionsverhindernder Film) 114 und die Oberflächenelektroden 10a und 10b gemäß den gleichen Verfahrensschritten, wie sie bezüglich der Fig. 2(c) und 2(d) beschrieben wurden, hergestellt.

Danach wird der Aufbau gemäß Fig. 25(b) vollständig durch den Film 710 aus SiN abgedeckt, mit der Ausnahme eines Bereichs auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats 109, in dem eine Öffnung auszubilden ist, wodurch sich das Teil 107a vor dem Ätzverfahren ergibt (Fig. 25(c)).

Anschließend wird das Teil 107a von der rückseitigen Oberfläche her zur Ausbildung der Öffnung 109a geätzt (Fig. 25(d)) und der Film 710 aus SiN und ein in der Öffnung 109a freiliegender Teil des Films 121a aus SiO₂ werden entfernt (Fig. 25(e)), wodurch die Dünnsolarzelle 101 fertiggestellt ist.

Da die Vorderseite und die Seitenflächen des Teils 107a während des Ätzvorgangs vollständig durch den Film 710 aus SiN abgedeckt sind, kann auch bei diesem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung der komplizierte Schritt der Anbringung des Teils an dem Teilehalter 132 unter Einsatz von Wachs entfallen. Zudem wird die Oberfläche des Teils nicht durch das Wachs kontaminiert.

Bei dem vorstehend beschriebenen zehnten und elften Ausführungsbeispiel enthalten die Oberflächenelektroden Ag, während der Antireflexionsfilm SiN enthält. Alternativ können die Oberflächenelektroden auch eine zweischichtigen Aufbau aufweisen und Ti/Ag enthalten, während der Antireflexionsfilm einen zweischichtigen Aufbau besitzen und TiO₂/MgF₂ enthalten kann.

Während der Film aus SiN als Schutzbeschichtung gegenüber dem aus KOH oder dergleichen bestehenden Ätzmittel eingesetzt wird, kann alternativ auch ein Metallfilm wie etwa Au, Ag oder Pt eingesetzt werden. Alternativ kann die Schutzschicht einen zweischichtigen Aufbau besitzen und zwei Filme enthalten, die geeignet aus Metallfilmen, isolierenden Filmen und Halbleiterfilmen ausgewählt sind, beispielsweise SiO₂/Si₃N₄, Ti/Ag oder SiO₂/Ag.

Wenn der Antireflexionsfilm bei dem vorstehend beschriebenen elften Ausführungsbeispiel SiN enthält und die Schutzschicht 710 zweischichtigen Aufbau mit ei-

nem unteren Film aus SiO₂ und einem oberen Film aus SiN besitzt, wird der Antireflexionsfilm aus SiN durch den Ätzvorgang zur Entfernung des Schutzfilms nicht nachteilig beeinflusst, da der untere Schutzfilm aus SiO₂ zwischen dem Antireflexionsfilm aus SiN und dem oberen Schutzfilm aus SiN angeordnet ist.

Bei dem vorstehend beschriebenen zehnten und elften Ausführungsbeispiel wird billiges MG-Si als Material des Substrats eingesetzt, durch das bzw. in dem die Öffnung ausgebildet wird. Alternativ kann das Material des Substrats auch aus anderen Halbleitern, Keramik, Kohlenstoff bzw. Kohle oder Metall bestehen. Weiterhin ist das dem vorstehend beschriebenen rückseitigen Ätzverfahren zu unterziehende Halbleiterelement (Halbleitereinrichtung) nicht auf die Dünnsolarzelle beschränkt.

Zusammenfassend wird somit unter anderem eine Dünnsolarzelle 101 beschrieben, die eine dünne, die fotoelektrische Umwandlung bewirkende aktive Schicht 111 aus hoch reinem Material mit entgegengesetzten vorderen und rückseitigen Oberflächen, eine Trägerstruktur zum Halten der dünnen aktiven Schicht 111 und eine rückseitige Elektrode 116 umfaßt, die in Kontakt mit der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht steht. Die Trägerstruktur 1 enthält ein Trägersubstrat 110 aus Material niedrigen Reinheitsgrads, das entgegengesetzte vordere und rückseitige Oberflächen besitzt, wobei die aktive Schicht auf der vorderen Oberfläche ausgebildet ist und eine isolierende Sperrschicht 121 zwischen der Vorderfläche des Trägersubstrats und der Rückfläche der aktiven Schicht eingefügt ist. Die Sperrschicht verhindert das Eindiffundieren von Verunreinigungen des Trägersubstrats in die aktive Schicht. Da das Trägersubstrat ein Material niedrigen Reinheitsgrads enthält, kann die Menge an teurem hochreinem Material durch Verringerung der Dicke der aktiven Schicht reduziert werden, wodurch sich niedrige Herstellungskosten ergeben. Da das Trägersubstrat auf der Rückfläche der aktiven Schicht vorhanden ist, liegt eine auf der Vorderseite der aktiven Schicht angeordnete Oberflächenelektrode frei. Wenn daher ein Solarzellen-Modul unter Einsatz einer Mehrzahl der Solarzellen hergestellt wird, kann das Drahtbondverfahren zum Verbinden benachbarter Solarzellen in einfacher Weise durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Dünnsolarzelle mit einer dünnen aktiven Schicht (111) aus hochreinem Material, die einander gegenüberliegende Vorder- und Rückseitenflächen besitzt und eine photoelektrische Umwandlung bewirkt, einer Struktur (1) zum Tragen der dünnen aktiven Schicht, die ein Trägersubstrat (110) aus Material mit geringem Reinheitsgrad mit einander gegenüberliegender Vorder- und Rückseite umfaßt, wobei die aktive Schicht auf der Vorderseite angeordnet ist, und zwischen der Vorderseite des Trägersubstrats und der Rückseite der aktiven Schicht eine isolierende, das Eindiffundieren von Verunreinigungen im Trägersubstrat in die aktive Schicht verhindernde Sperrschicht (121) eingefügt ist, und einer rückseitigen Elektrode (116), die auf der Rückseite des Trägersubstrats angeordnet ist und die Rückseite der aktiven Schicht kontaktiert (Fig. 1(a), 1(b)).

2. Dünnsolarzelle nach Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (110) rahmenförmige, entlang der Ränder der aktiven Schicht verlaufende Gestalt besitzt.

3. Dünnschicht-Solarzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (110a) einen rahmenförmigen, entlang der Ränder der aktiven Schicht verlaufenden Teil (110a₁) und eine Mehrzahl von streifenförmigen, parallel zueinander innerhalb des rahmenförmigen Teils angeordnete Teile (110a₂) aufweist (Fig. 5(a), 5(b)).

4. Dünnschicht-Solarzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (110b) einen rahmenförmigen, entlang Rändern der aktiven Schicht verlaufenden Teil (110b₁) und einen gitterförmigen, innerhalb des rahmenförmigen Teils angeordneten Teil (110b₂) umfaßt (Fig. 6(a), 6(b)).

5. Dünnschicht-Solarzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat (110d) gitterförmige Gestalt besitzt (Fig. 8(a), 8(b)).

6. Dünnschicht-Solarzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägersubstrat eine Mehrzahl von Säulen (110a₄) umfaßt, die auf der Rückseite der aktiven Schicht voneinander getrennt angeordnet sind (Fig. 7(a), 7(b)).

7. Dünnschicht-Solarzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine kammförmige Oberflächenelektrode (10a, 10b), die auf der Vorderseite der aktiven Schicht angeordnet ist und eine lineare Sammelelektrode (10a₁, 10b₁) und eine Mehrzahl von Gitterelektroden (10a₂, 10b₂) aufweist, die von entgegengesetzten Seiten der Sammelelektrode vorstehen, wobei in der aktiven Schicht erzeugter Photostrom durch die Gitterelektroden gesammelt und zur Sammelelektrode übertragen werden, und wobei die lineare Sammelelektrode (10a₁, 10b₁) auf der aktiven Schicht, einem linearen Teil (110d₁, 110d₂) des Trägersubstrats (110d) gegenüberliegend, angeordnet ist.

8. Dünnschicht-Solarzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die rückseitige Elektrode (116) ein Metall mit hohem Reflexionsvermögen enthält.

9. Dünnschicht-Solarzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Vorderfläche der aktiven Schicht (141) ein Antireflexionsfilm (144) zum Verhindern einer Reflexion einfallenden Lichts an der Oberfläche der aktiven Schicht angeordnet ist, und daß die Vorderfläche der aktiven Schicht eine Mehrzahl von Vorsprüngen enthält, die die optische Pfadlänge des einfallenden Lichts in der aktiven Schicht vergrößern.

10. Dünnschicht-Solarzelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die rückseitige Oberfläche der aktiven Schicht (141a) eine Vielzahl von Vorsprüngen besitzt, die die optische Pfadlänge von einfallendem, durch die rückseitige Elektrode reflektiertem Licht in der aktiven Schicht vergrößern.

11. Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle, bei dem ein Substrat (109) vorbereitet wird, das Material geringen Reinheitsgrads enthält und entgegengesetzt angeordnete vordere und rückseitige Oberflächen besitzt,

ein isolierender Film (121a) auf der Vorderseite des Substrats ausgebildet wird, eine aktive Schicht (111a) eines ersten Leitungs-

typs, die hochreines Material enthält, auf dem isolierenden Film ausgebildet wird, eine einen zweiten Leitungstyp besitzende Halbleiterregion (112) innerhalb der aktiven Schicht zur Erzeugung eines photoelektrischen Umwandlung wirkenden pn-Übergangs ausgebildet wird, die bis zur Oberfläche reicht,

auf der Vorderseite der aktiven Schicht ein Antireflexionsfilm (114) ausgebildet wird, der die Reflexion von einfallendem Licht verringert, eine in Kontakt mit der Vorderseite bzw. Vorderfläche der aktiven Schicht stehende Oberflächen-elektrode (10a, 10b) ausgebildet wird, die vordere Oberflächenseite der aktiven Schicht an einer Trägerplatte (1132) angebracht und das geringen Reinheitsgrad besitzende Substrat von der Rückseite her zur Ausbildung eines Trägersubstrats (110) zum Tragen der dünnen aktiven Schicht selektiv geätzt wird, und auf der Rückseite des Trägersubstrats eine die aktive Schicht kontaktierende rückseitige Elektrode (116) ausgebildet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das niedrigen Reinheitsgrad besitzende Substrat mittels eines Ätzmittels geätzt wird, das selektiv das niedrigen Reinheitsgrad besitzende Substrat, nicht aber den isolierenden Film ätzt, so daß der isolierende Film als Ätztopp wirkt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Ausbildung des Antireflexionsfilms (144) eine Vielzahl von Vorsprüngen an der Vorderseite der aktiven Schicht (141) ausgebildet wird, wobei die Vorsprünge die optische Pfadlänge von einfallendem Licht in der aktiven Schicht vergrößern (Fig. 10(a) bis 10(d)).

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Ausbildung der rückseitigen Elektrode (146) eine Vielzahl von Vorsprüngen an der rückseitigen Oberfläche der aktiven Schicht (141a) ausgebildet wird, wobei die Vorsprünge die optische Pfadlänge von einfallendem, durch die rückseitige Elektrode reflektiertem Licht in der aktiven Schicht vergrößern (Fig. 13(a) bis 13(c)).

15. Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle, bei dem ein erstes Substrat (109b) vorbereitet wird, das Material niedrigen Reinheitsgrads enthält und entgegengesetzt liegende vordere und rückseitige Oberflächen besitzt,

aufeinanderfolgend ein isolierender Film (121a), ein hochreines Material enthaltende aktive Schicht (111a) und eine Deckschicht (122) auf der Vorderseite des ersten Substrats ausgebildet werden, die Deckschicht an einer ersten Trägerplatte (132) angebracht und das erste Substrat vollständig von der rückseitigen Oberfläche weggeätzt wird, die laminierten Schichten auf einer hitzebeständigen Basis (151) mit einem kleinen Verunreinigungs-diffusionskoeffizienten derart angeordnet werden, daß der isolierende Film in Berührung mit der Oberfläche der hitzebeständigen Basis steht, und die laminierten Schichten zur Vergrößerung der Kristallkorngröße der aktiven Schicht geglättet werden,

die hitzebeständige Basis von den laminierten Schichten entfernt wird und die laminierten Schichten auf einem zweiten Substrat (109a), das Material geringen Reinheitsgrads enthält, angeordnet werden,

die erste Trägerplatte und die Deckschicht zur Freilegung der Oberfläche der aktiven Schicht (111) entfernt werden, ein Antireflexionsfilm (114) auf der aktiven Schicht gebildet wird, wobei der Antireflexionsfilm die Reflexion von einfallendem Licht verringert, eine in Kontakt mit der aktiven Schicht befindliche Oberflächen Elektrode (10a, 10b) ausgebildet wird, die Oberflächenseite der aktiven Schicht an einer zweiten Trägerplatte (132) befestigt und das zweite, niedrigen Reinheitsgrad besitzende Substrat selektiv von der Rückseite her zur Ausbildung eines Trägersubstrats (110) zum Halten der dünnen aktiven Schicht geätzt wird, und eine rückseitige Elektrode (116) auf der Rückseite des Trägersubstrats derart ausgebildet wird, daß sie die aktive Schicht kontaktiert.

16. Verfahren zum Herstellen einer Dünnschicht-Solarzelle, bei dem aufeinanderfolgend ein unterer Antireflexionsfilm (302) mit einer relativ großen Ätzrate bezüglich eines vorgegebenen Ätzmittels und ein oberer Antireflexionsfilm (303) mit einer relativ kleinen Ätzrate bezüglich des Ätzmittels auf einer photoempfindlichen Oberfläche eines Halbleitersubstrats (301) aufgebracht werden, der obere Antireflexionsfilm einer Musterformgebung zur Ausbildung einer Öffnung (303a) unterzogen wird und der untere Antireflexionsfilm unter Einsatz des gemusterten oberen Antireflexionsfilms als Maske geätzt wird, um eine Öffnung (302a) zu bilden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der untere bzw. obere Antireflexionsfilm SiN bzw. SiO₂ enthalten und daß erwärmte Phosphorsäure als Ätzmittel eingesetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des auf dem Halbleitersubstrat aufgetragenen oberen Antireflexionsfilms größer ist als die optimale Dicke des oberen Antireflexionsfilms eines fertigen Bauelements, und daß die optimale Dicke am Ende der Ätzung des unteren Antireflexionsfilms erreicht wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Ausbildung des unteren und oberen Antireflexionsfilms ein oberflächenpassivierender Film (307) auf der fotoempfindlichen Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet wird.

20. Verfahren zum Ätzen eines ausgewählten Bereichs eines Substrats unter Einsatz eines vorgegebenen Ätzmittels, bei dem das Ätzen unter Überwachung des Reflexionsgrads bzw. Reflexionsvermögens an der Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats durchgeführt wird und das Ätzen beendet wird, wenn sich der Reflexionsgrad bzw. das Reflexionsvermögen verändert.

21. Ätzverfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (407d) eine Ätzstoppschicht (407a) enthält, die in dem Substrat mit einer vorgegebenen Tiefe bezogen auf die Oberfläche des Substrats eingebettet ist und ein Reflexionsvermögen besitzt, das sich vom Reflexionsvermögen der Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats unterscheidet (Fig. 19(a), 19(b)).

22. Ätzverfahren nach Anspruch 20, dadurch ge-

kennzeichnet, daß das Substrat (417d) eine vorgegebene Kristallstruktur besitzt, wobei eine erste Kristallebene an einer flachen Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats freiliegt, und eine zweite Kristallebene vorhanden ist, und daß das Ätzmittel eine Oberflächenorientierungs-Selektivität bezüglich der zweiten Kristallebene besitzt und das Ätzen beendet wird, wenn die flache Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats zu einer unebenen Oberfläche (417a) wird und sich das Reflexionsvermögen bzw. der Reflexionsgrad an der Oberfläche verändert.

23. Automatisches Ätzgerät mit einem Bad (405), daß mit einem Ätzmittel (406) gefüllt ist, einem Behälter (404), der ein zu ätzendes Substrat (407) enthält, einer Fördereinrichtung (401), die den Behälter transportiert,

einer Steuereinrichtung (403), die die Fördereinrichtung derart steuert, daß der Behälter in das Ätzmittel eingetaucht oder aus diesem herausgenommen wird,

einer Überwachungseinrichtung (402) für die Überwachung des Reflexionsvermögens bzw. Reflexionsgrads, die eine Einrichtung zur Bestrahlung einer Ätzoberfläche des in das Ätzmittel eingetauchten Substrats mit Licht und einer Einrichtung zum Messen des an der Ätzoberfläche reflektierten Lichts enthält,

wobei die Steuereinrichtung ein Überwachungssignal von der Überwachungseinrichtung (402) empfängt und die Fördereinrichtung in Abhängigkeit von dem Überwachungssignal derart steuert, daß der Behälter aus dem Ätzmittel herausgenommen wird, wenn sich das Reflexionsvermögen bzw. der Reflexionsgrad an der Ätzoberfläche verändert.

24. Verfahren zum Ätzen eines ausgewählten Bereichs eines Substrats unter Einsatz eines vorgegebenen Ätzmittels, bei dem

das Ätzen durchgeführt wird, während die Lichtdurchlässigkeit in dem Ätzmittel in der Nähe der Oberfläche des ausgewählten Bereichs des Substrats überwacht wird, und das Ätzen beendet wird, wenn sich die Lichtdurchlässigkeit verändert.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (407a) eine Ätzstoppschicht (407a) enthält, die in dem Substrat mit vorgegebener Tiefe bezüglich der Oberfläche eingebettet ist und gegenüber dem Ätzmittel beständig ist, und daß das Ätzen beendet wird, wenn Blasen, die durch die chemische Reaktion zwischen dem Ätzmittel und dem Material des Substrats hervorgerufen werden, verschwinden bzw. nicht länger auftreten und sich die Lichtdurchlässigkeit dem Ätzmittel in der Nähe der Ätzoberfläche verändert.

26. Automatisches Ätzgerät mit einem Bad (405), das mit einem Ätzmittel (406) gefüllt ist,

einem Behälter (404), der ein zu ätzendes Substrat (407) enthält, einer Fördereinrichtung (401), die den Behälter transportiert,

einer Steuereinrichtung (403), die die Fördereinrichtung derart steuert, daß der Behälter in das Ätzmittel eingetaucht oder aus diesem herausgenommen wird,

einer Überwachungseinrichtung (502) für die Erfassung der Lichtdurchlässigkeit, die eine Einrichtung (502a) zum Bestrahlen des Ätzmittels mit Licht und eine Einrichtung (502b) zum Messen des in dem bzw. durch das Ätzmittel übertragenen Lichts enthält,

wobei die Steuereinrichtung ein Überwachungssignal von der Lichtdurchlässigkeits-Überwachungseinrichtung (502) empfängt und die Fördereinrichtung in Abhängigkeit von dem Überwachungssignal derart steuert, daß der Behälter aus dem Ätzmittel herausgenommen wird, wenn sich die Lichtdurchlässigkeit im Ätzmittel verändert.

27. Verfahren zum Herstellen einer Dünnfilm-Solarzelle, bei dem

eine Halbleiterschicht (417d) mit vorgegebener Kristallstruktur bereitgestellt wird, die eine fotoelektrische Umwandlung bewirkt und eine erste, an einer flachen Oberfläche der Halbleiterschicht frei liegende Kristallebene und eine zweite Kristallebene besitzt,

die flache Oberfläche der Halbleiterschicht durch ein Ätzmittel mit einer Kristallebenen-Selektivität bezüglich der zweiten Kristallebene der Halbleiterschicht geätzt wird, wobei das Reflexionsvermögen bzw. der Reflexionsgrad von einfallendem Licht an der Ätzoberfläche überwacht wird, und das Ätzen beendet wird, wenn die flache Oberfläche der Halbleiterschicht zu einer unebenen Oberfläche (417a) wird und sich der Reflexionsgrad an der Ätzoberfläche verändert.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die flache Oberfläche eine vordere oder rückseitige Oberfläche der Halbleiterschicht ist.

29. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitereinrichtung, bei dem

ein leitendes oder isolierendes Substrat (109) mit entgegengesetzten vorderen und rückseitigen Oberflächen vorbereitet wird,

eine aktive Halbleiterschicht (111) auf der Vorderseite des Substrats ausgebildet wird,

das Substrat mit Ausnahme eines Teils auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats vollständig durch einen Schutzfilm (610) abgedeckt wird, der gegenüber einem vorgegebenen Ätzmittel beständig ist, und

der freigelegte Teil auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats selektiv unter Einsatz des Ätzmittels zur Ausbildung einer Öffnung (109a) geätzt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Schutzfilm ein dielektrischer Film, ein Metallfilm oder eine Kombination aus diesen Filmen ist.

Hierzu 31 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1 (a)

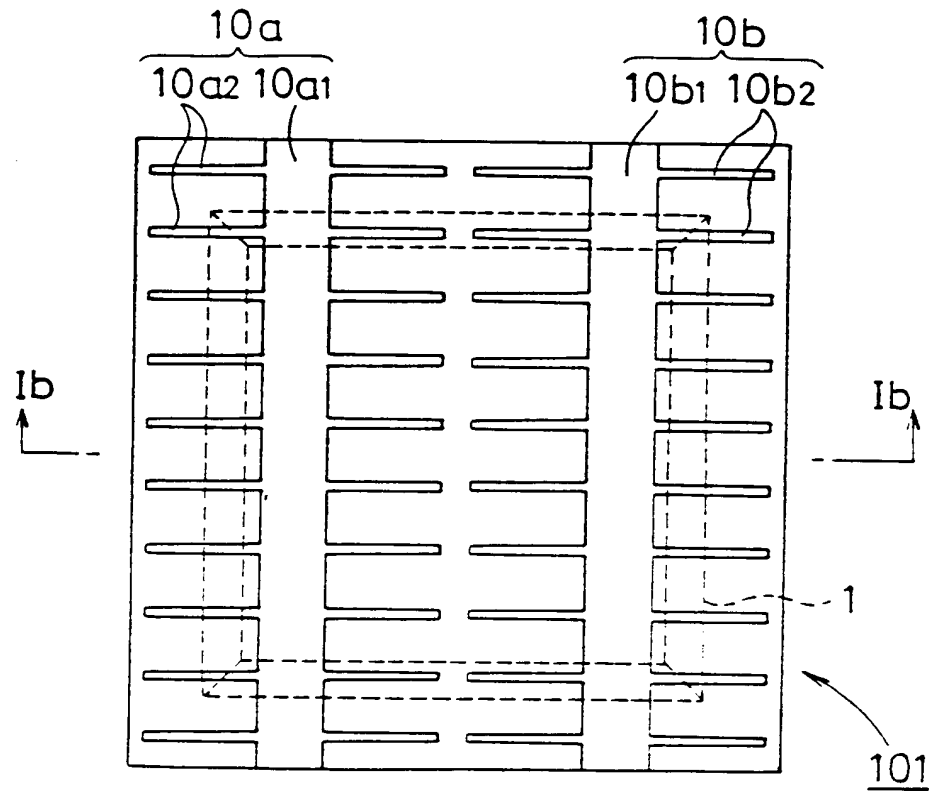


Fig. 1 (b)

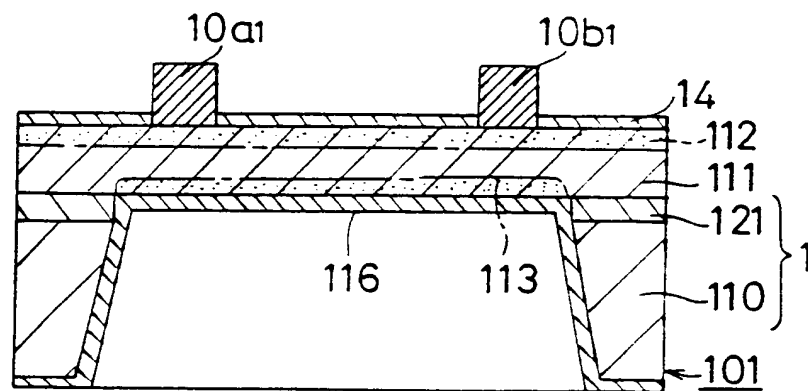


Fig. 2 (a)

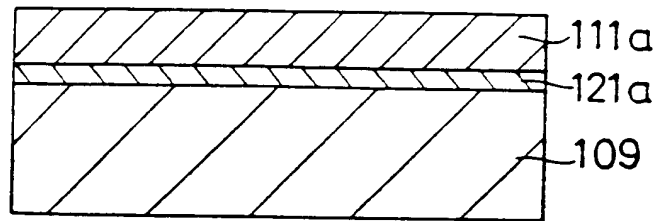


Fig. 2 (b)

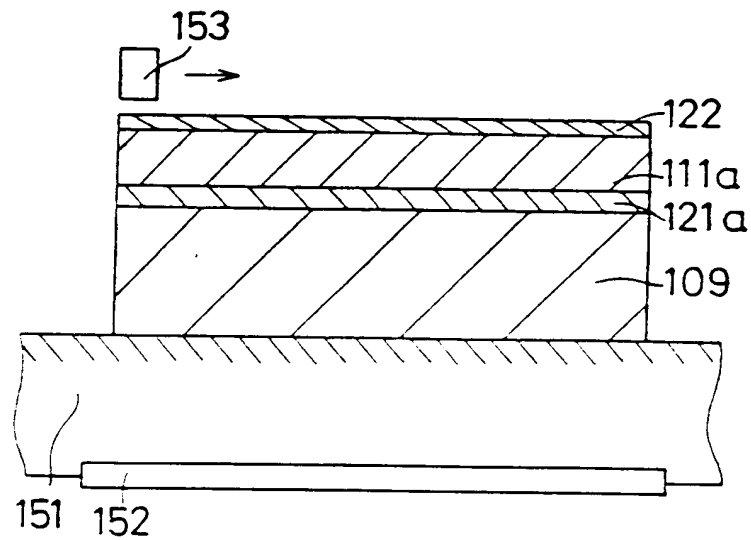


Fig. 2 (c)

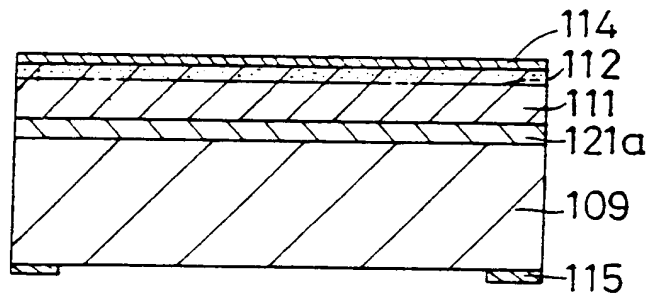


Fig. 2 (d)

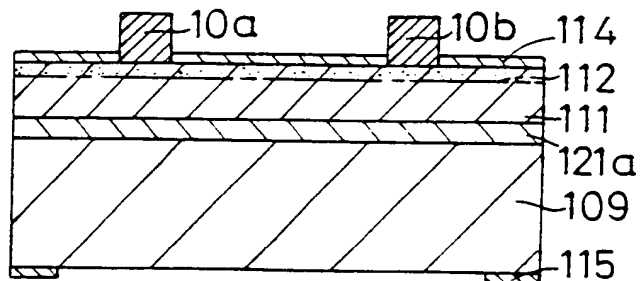


Fig. 3 (a)

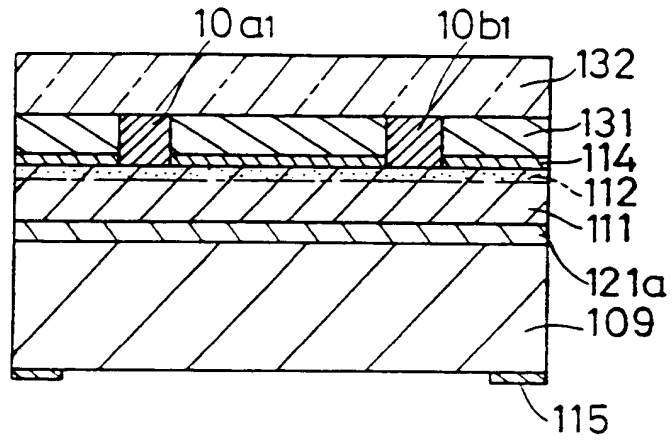


Fig. 3 (b)

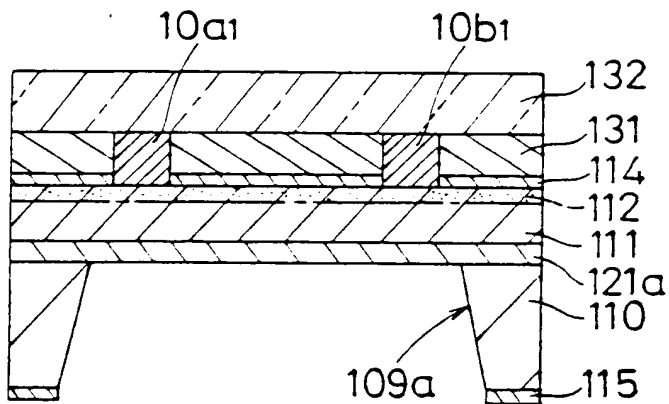


Fig. 3 (c)

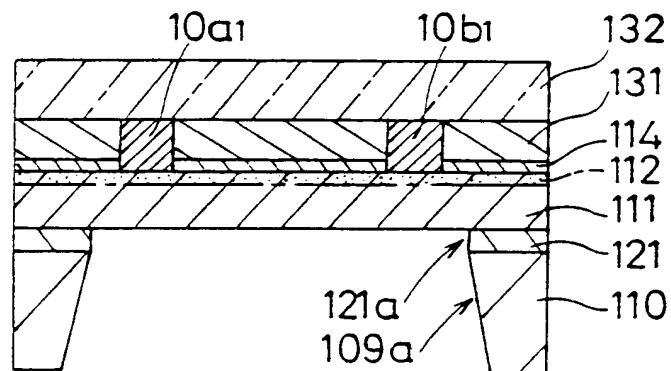


Fig. 4 (a)

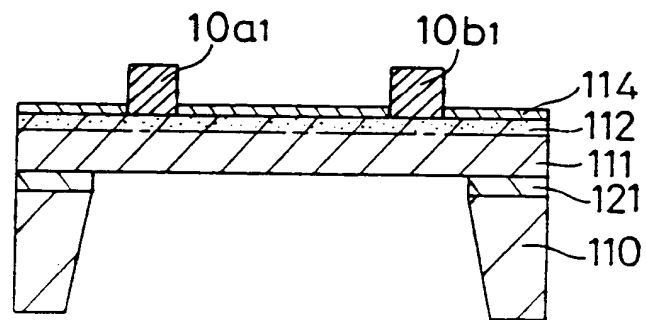


Fig. 4 (b)

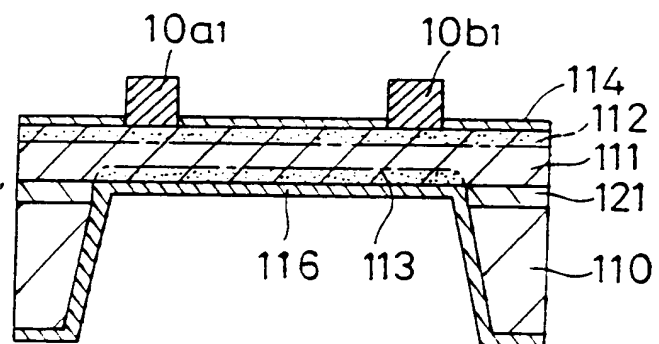


Fig. 5 (a)

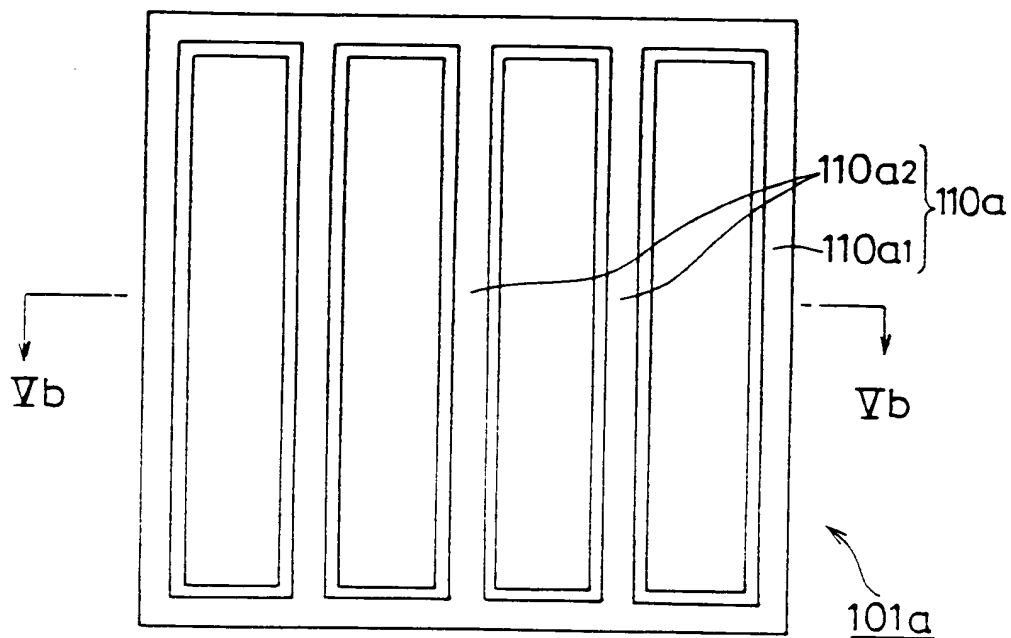


Fig. 5 (b)

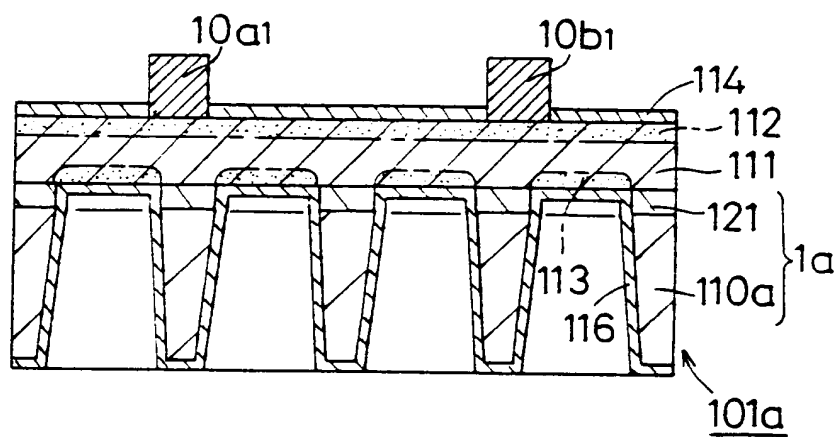


Fig. 6 (a)

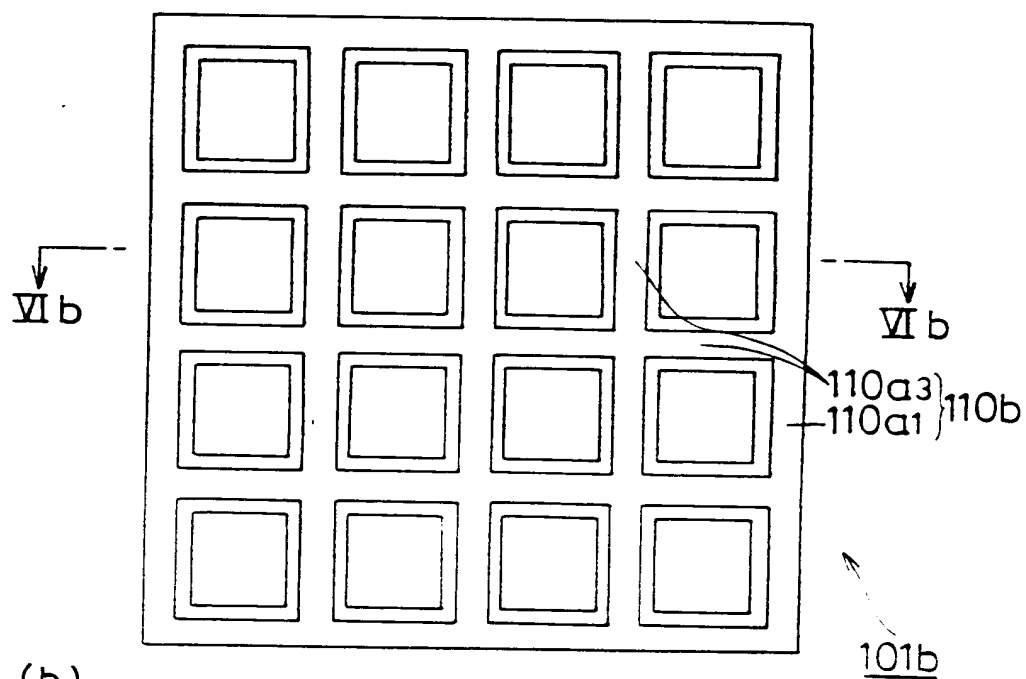


Fig. 6 (b)

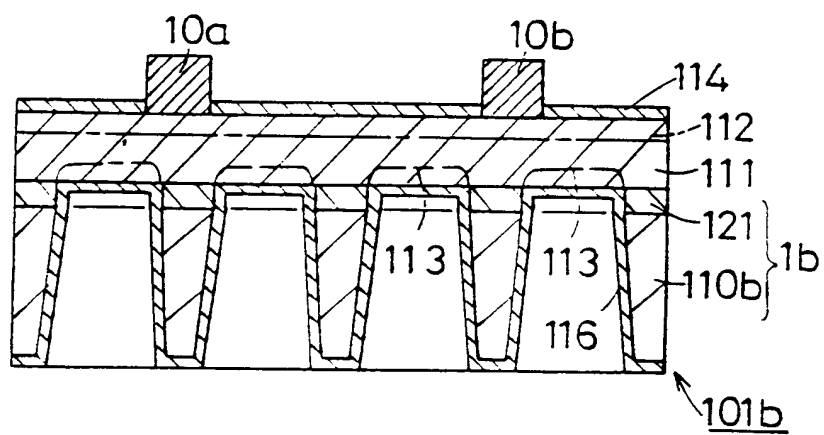


Fig.7 (a)

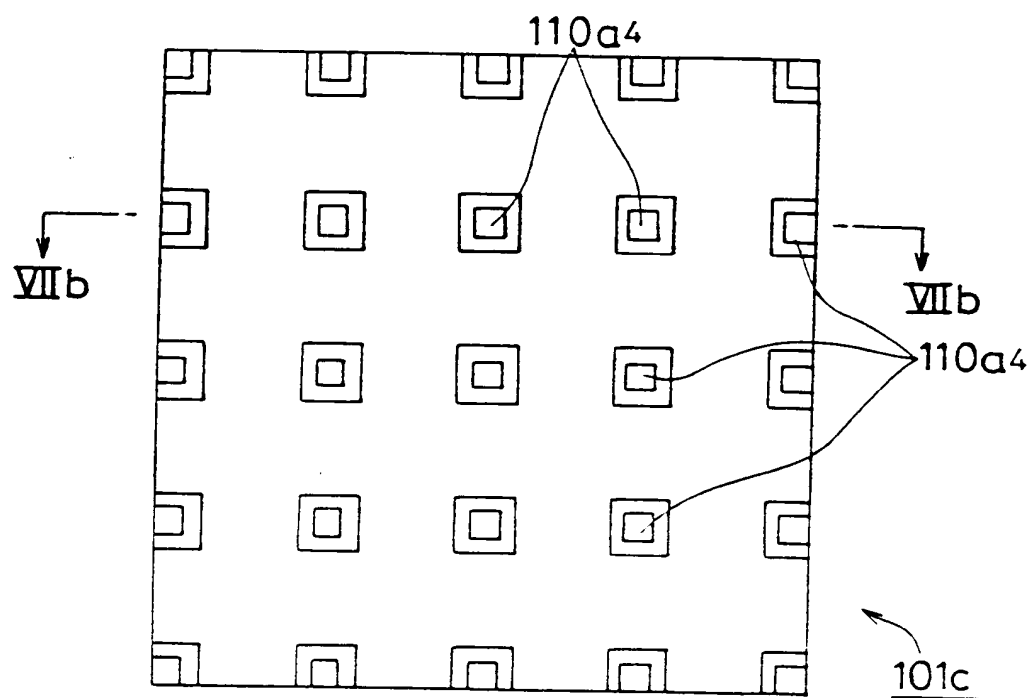


Fig.7 (b)

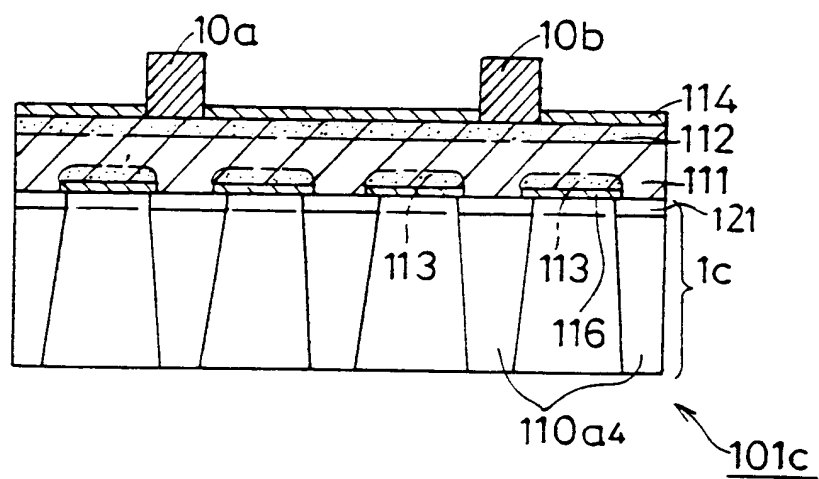


Fig. 8 (a)

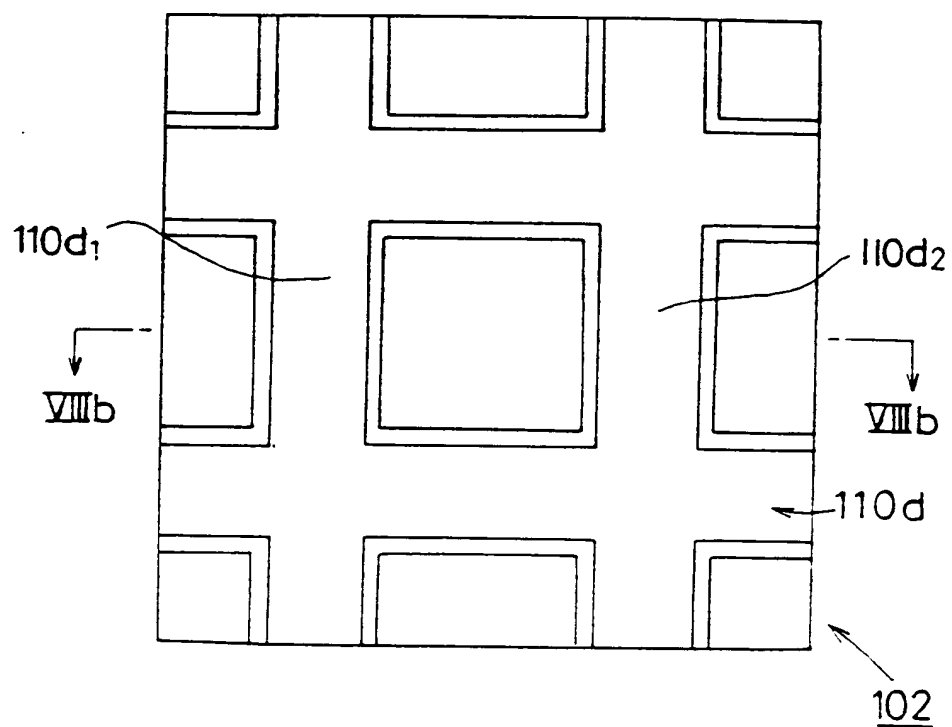


Fig. 8 (b)

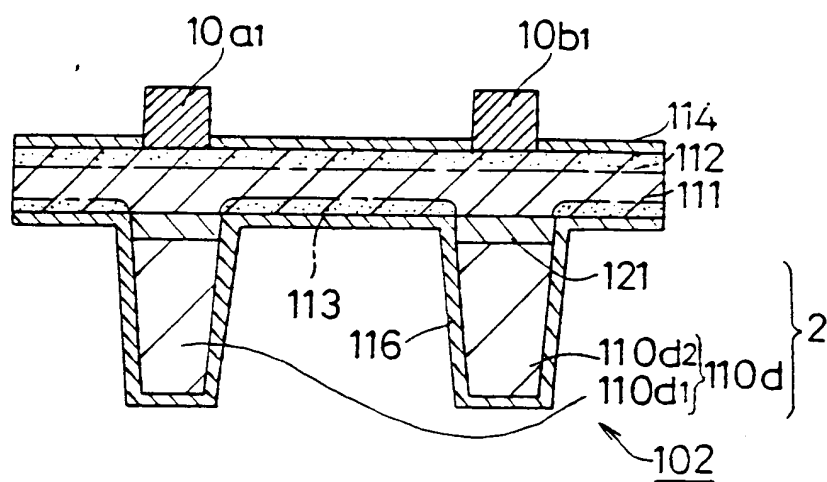


Fig.9 (a)

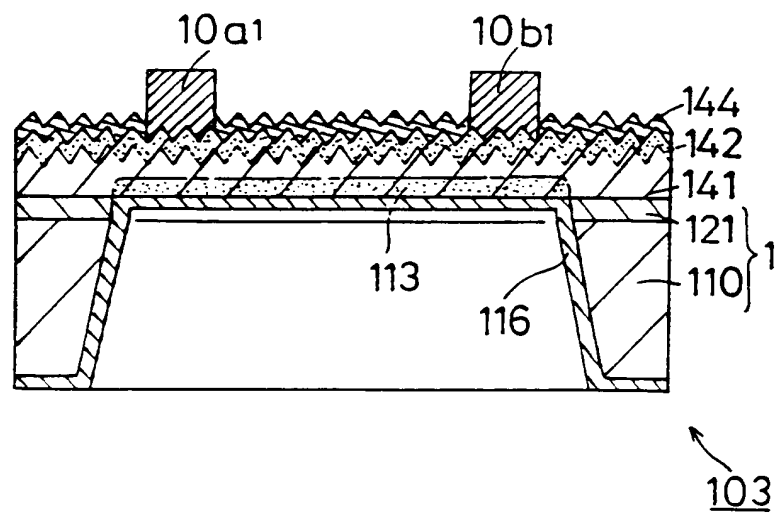


Fig.9 (b)

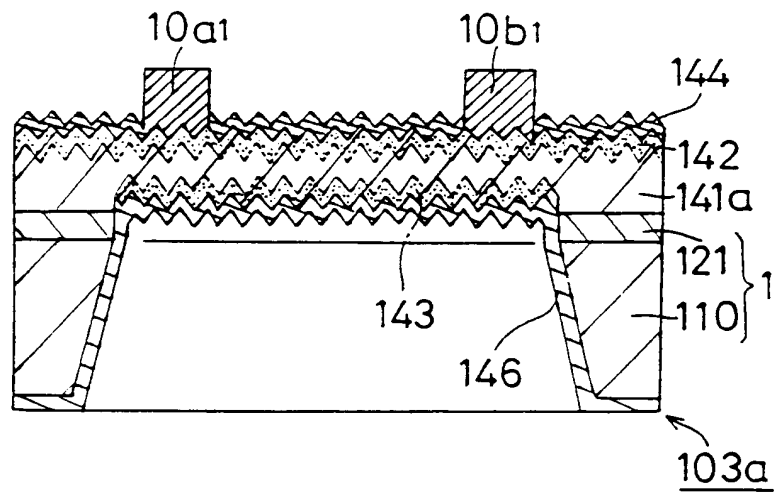


Fig.10 (a)

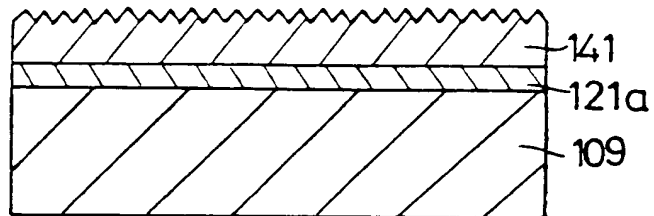


Fig.10 (b)

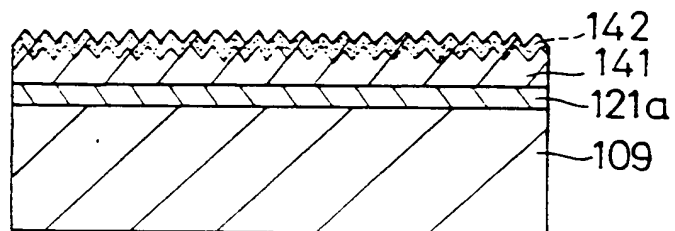


Fig.10 (c)

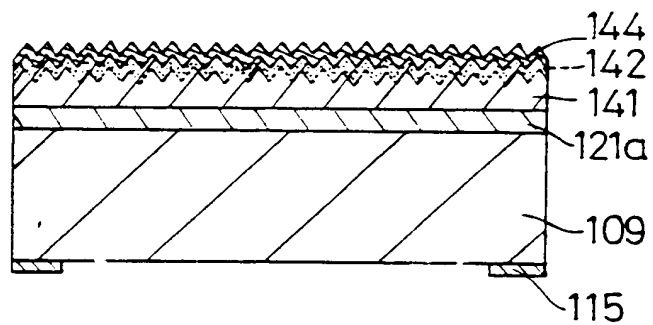


Fig.10 (e)

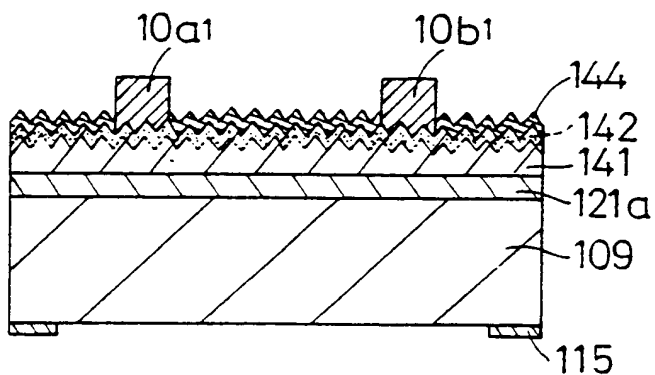


Fig.11 (a)

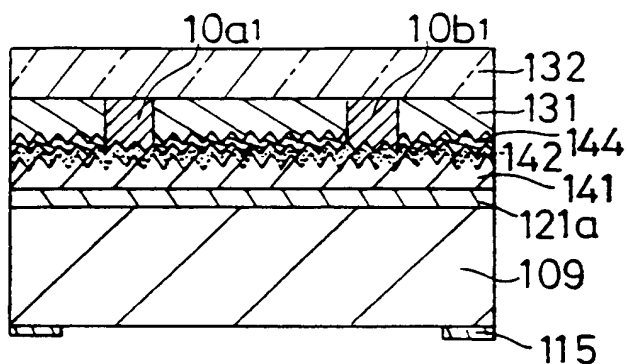


Fig.11 (b)

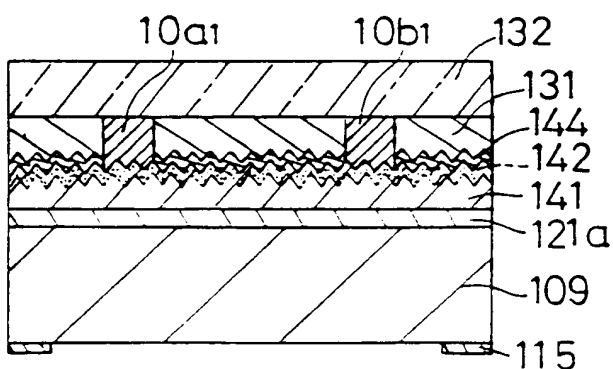


Fig.11 (c)

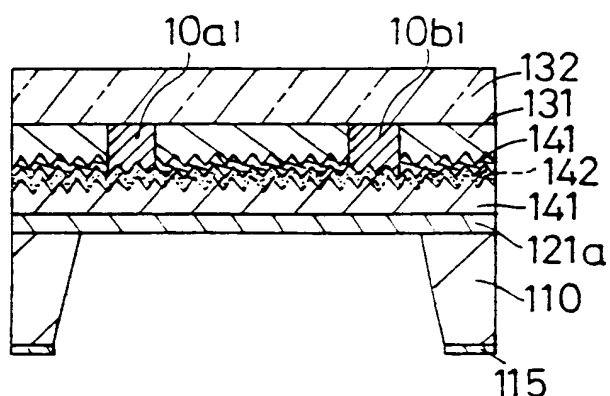


Fig.11 (d)

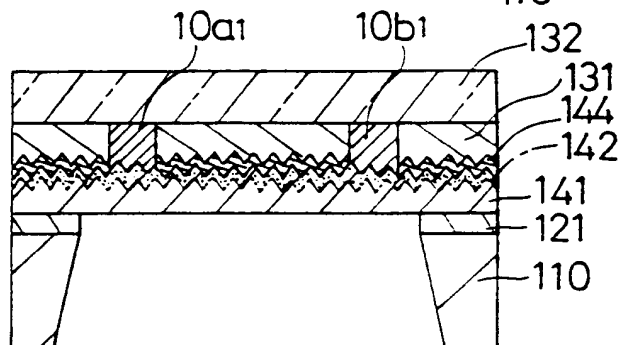


Fig.12 (a)

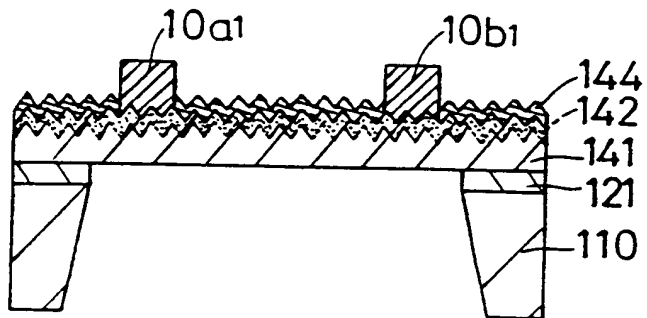


Fig.12 (b)

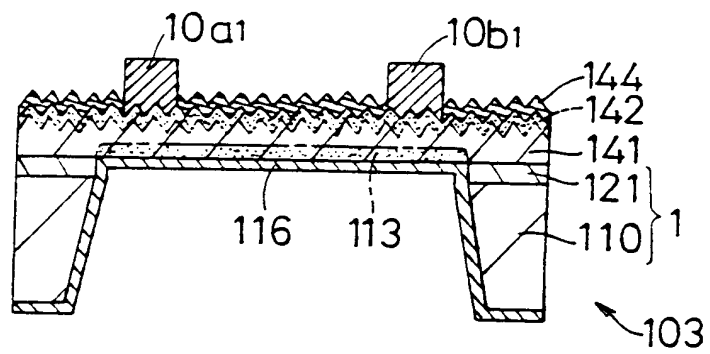


Fig. 13 (a)

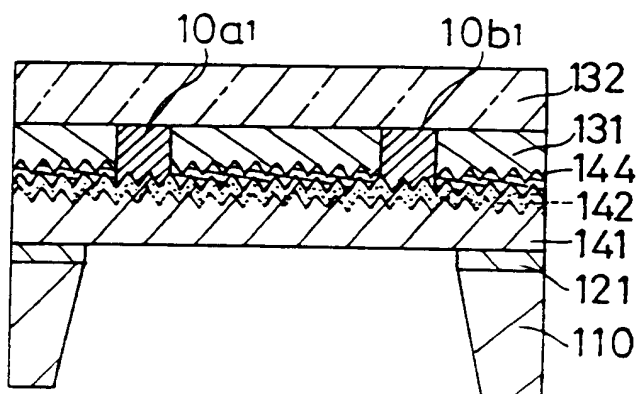


Fig. 13 (b)

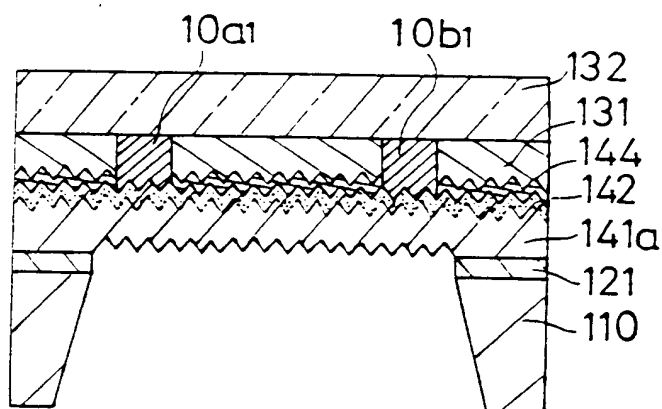


Fig. 13 (c)

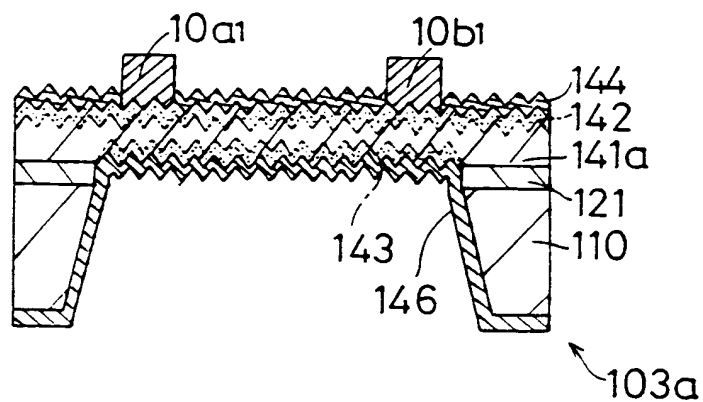


Fig.14 (a)

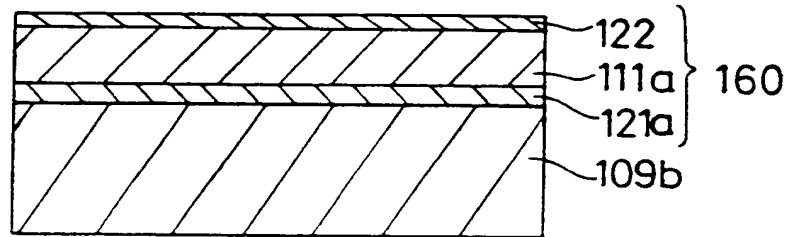


Fig. 14 (b)

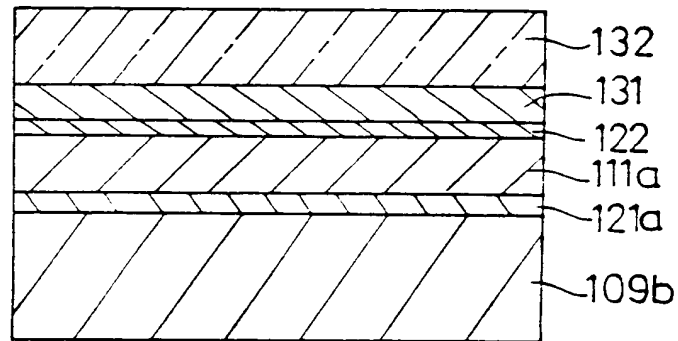


Fig.14 (c)

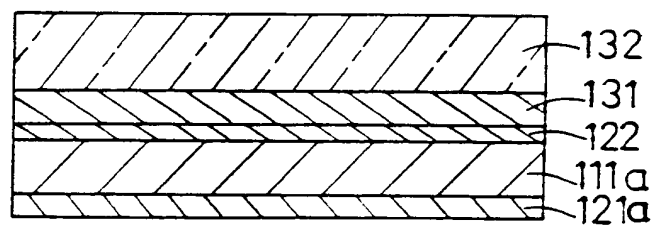


Fig. 15 (a)

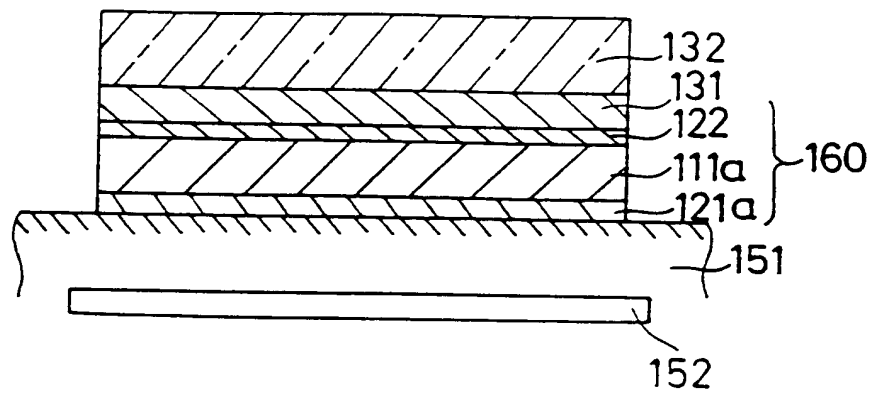


Fig. 15 (b)

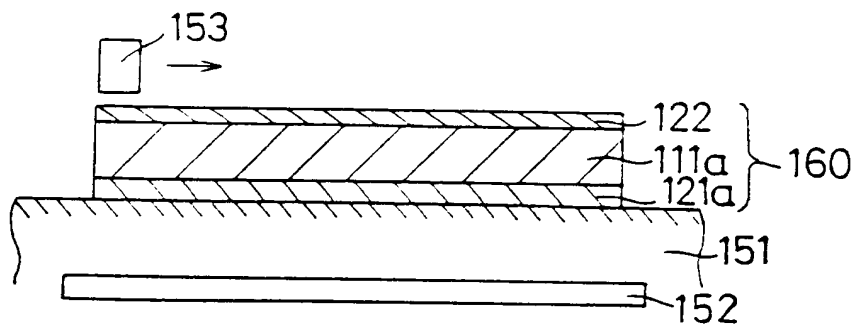


Fig. 15 (c)

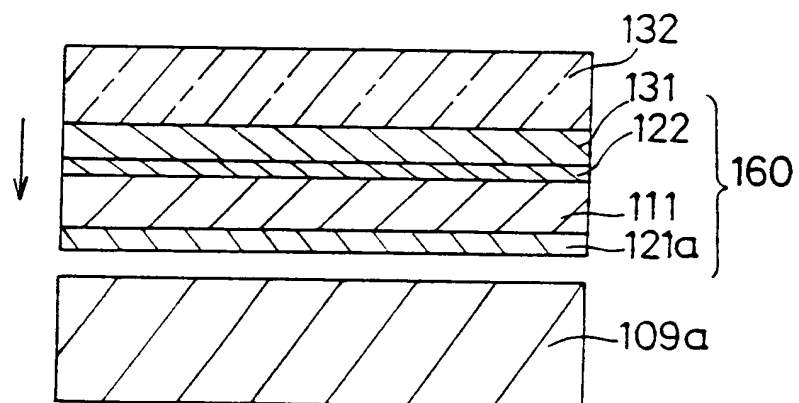


Fig.17 (a)

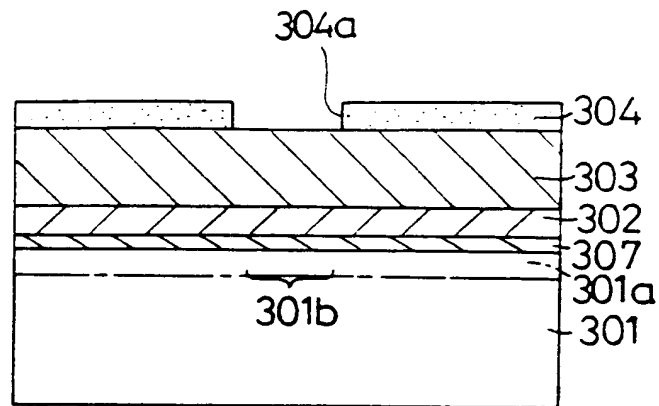


Fig.17 (b)

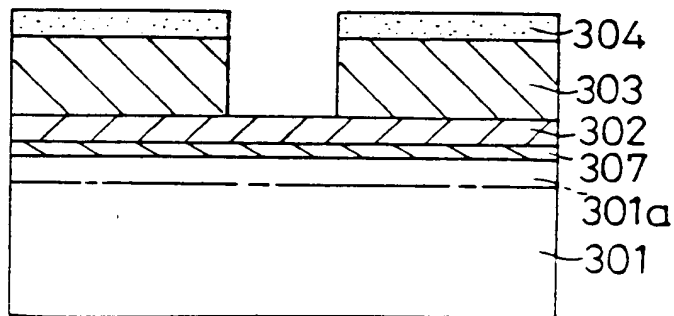


Fig.17 (c)

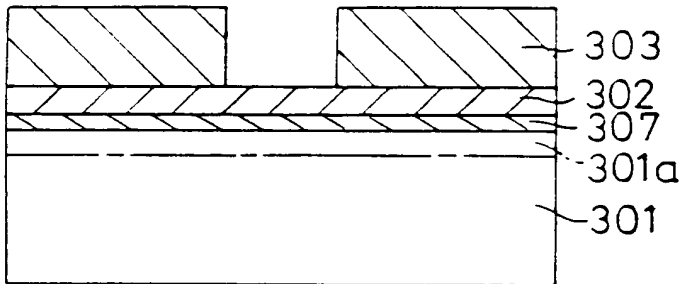


Fig.17 (d)

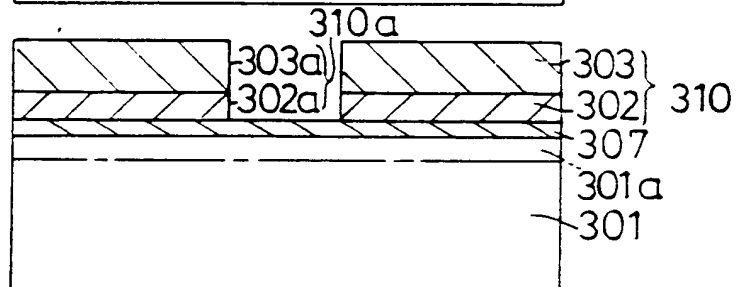
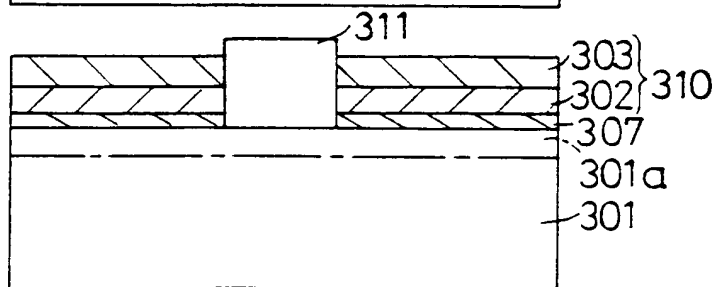
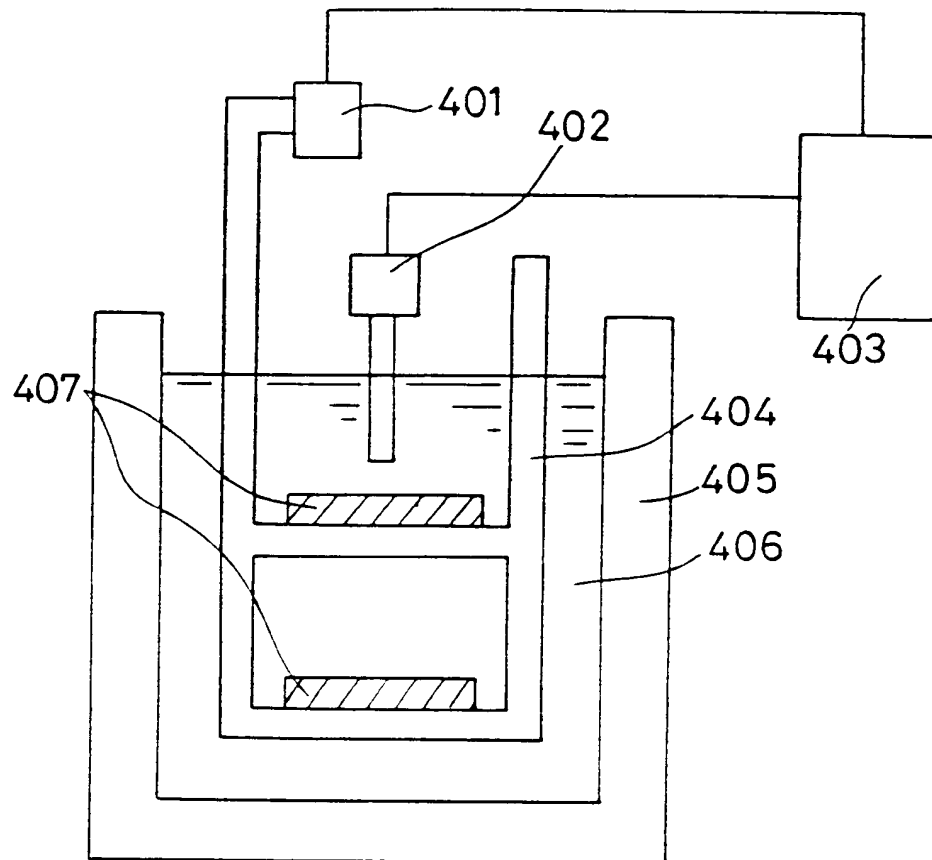


Fig.17 (e)



106

Fig. 18



107

Fig. 19 (a)

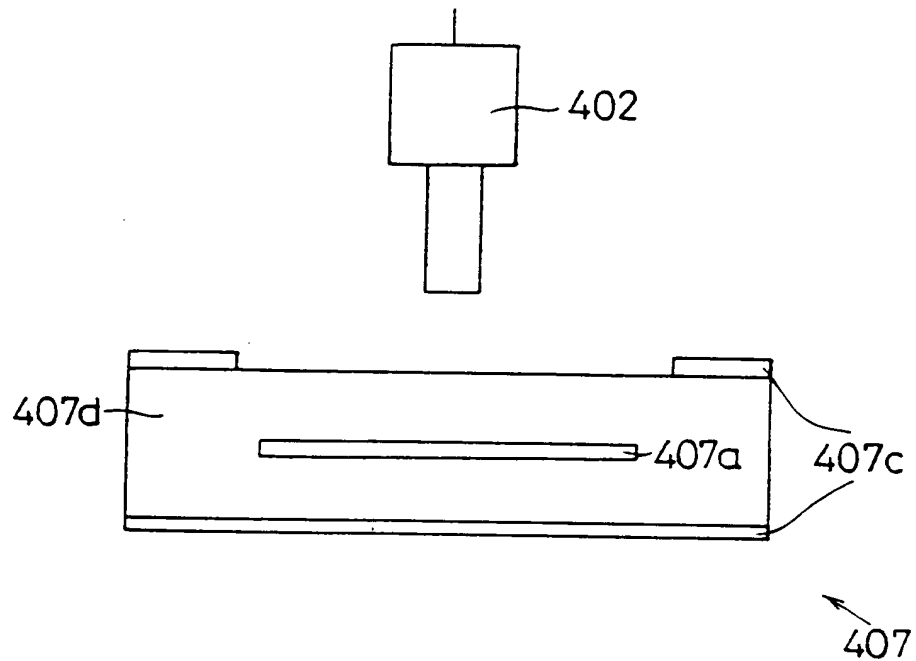


Fig. 19 (b)

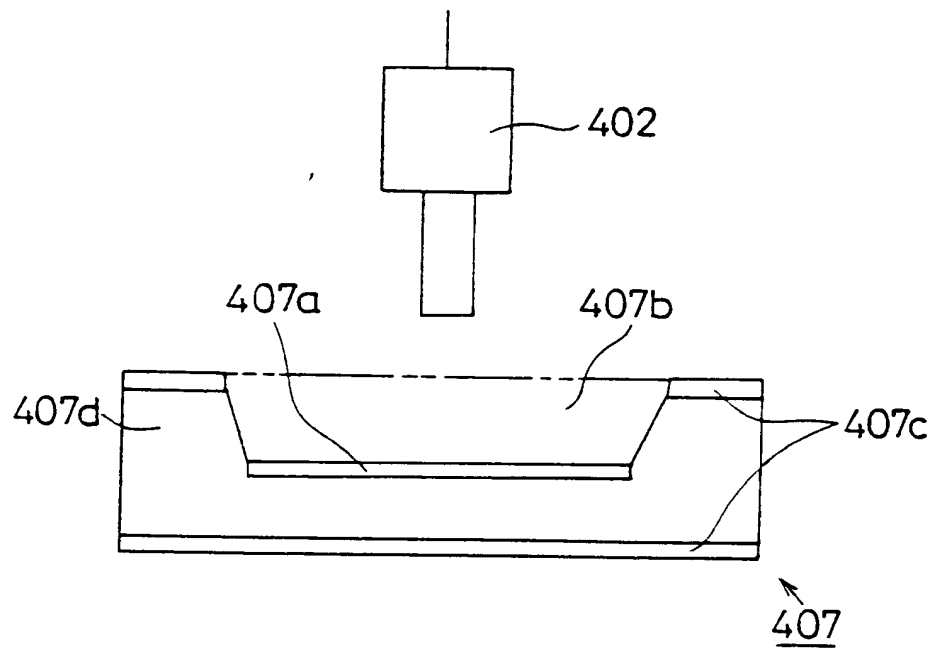


Fig. 20 (a)

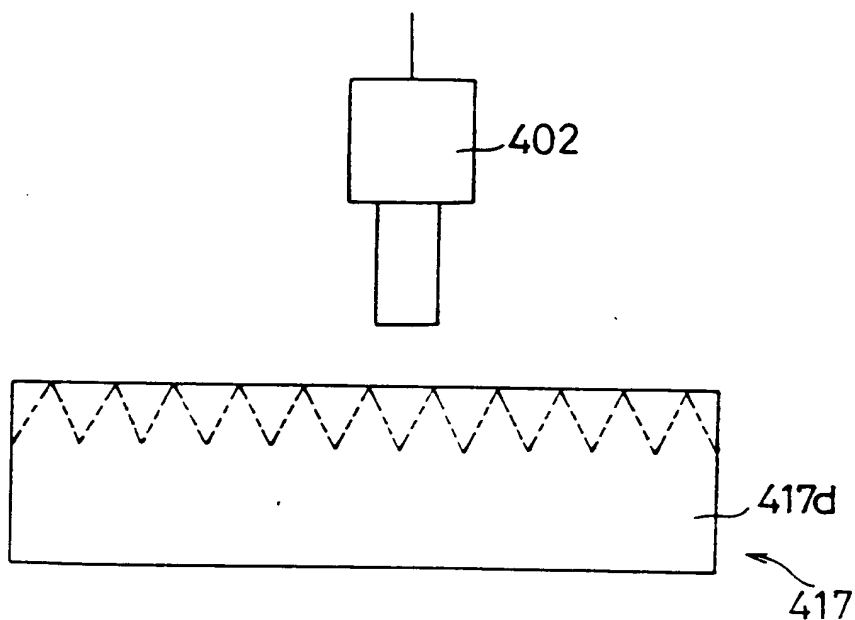


Fig. 20 (b)

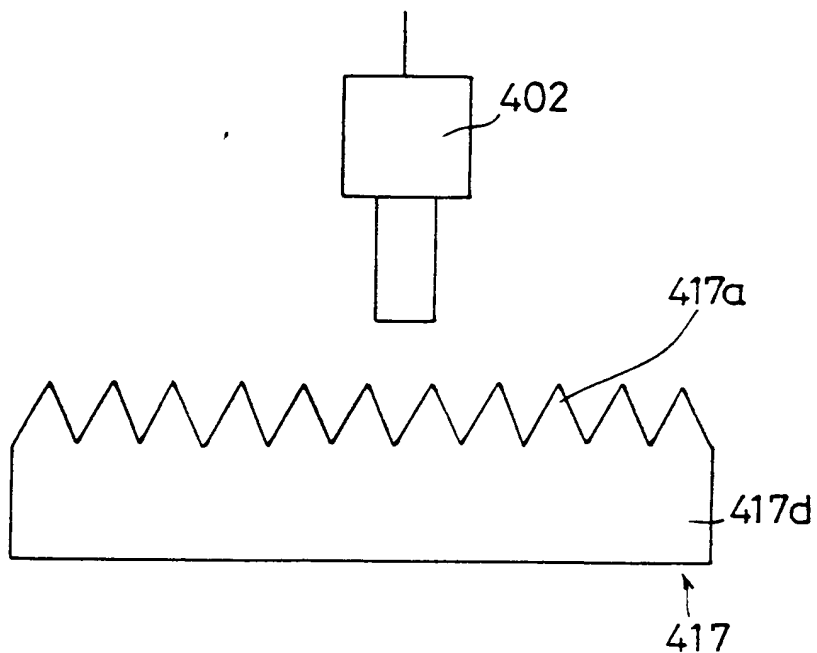


Fig. 21 (a)

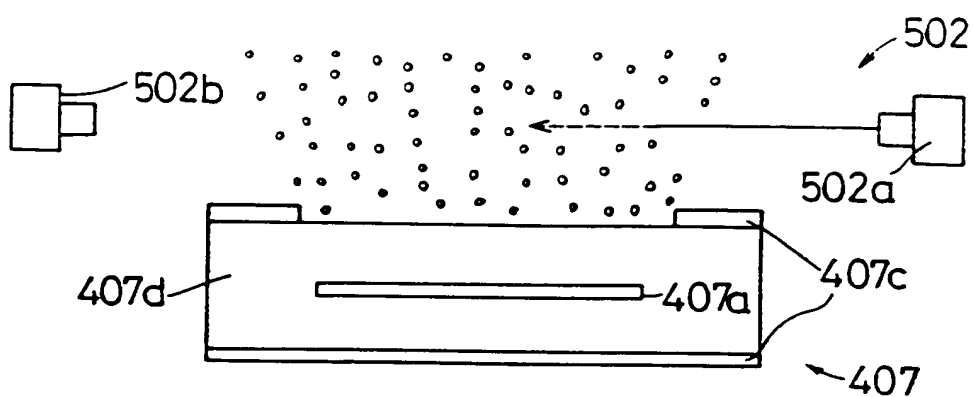


Fig. 21 (b)

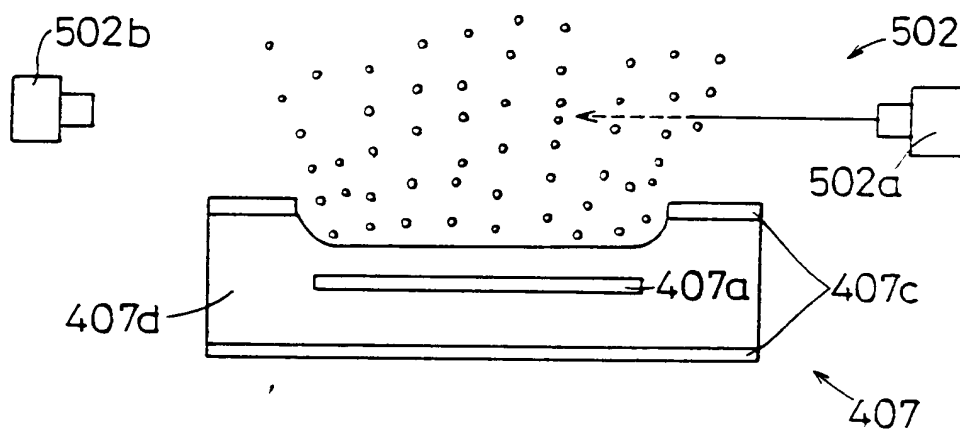
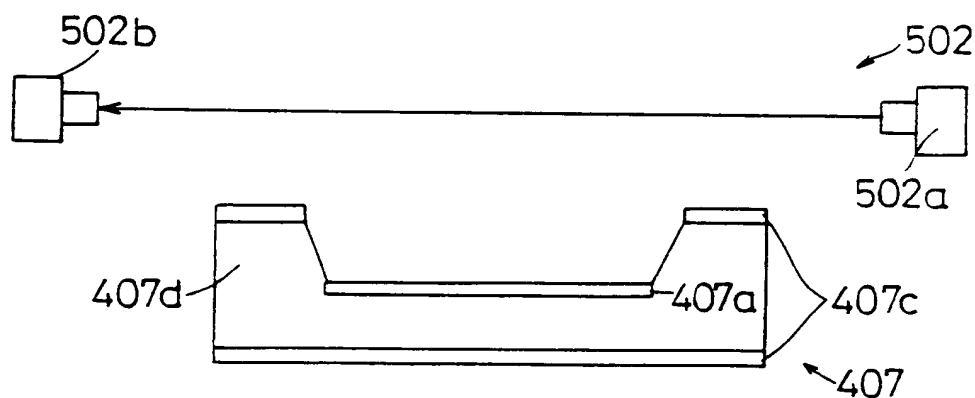


Fig. 21 (c)



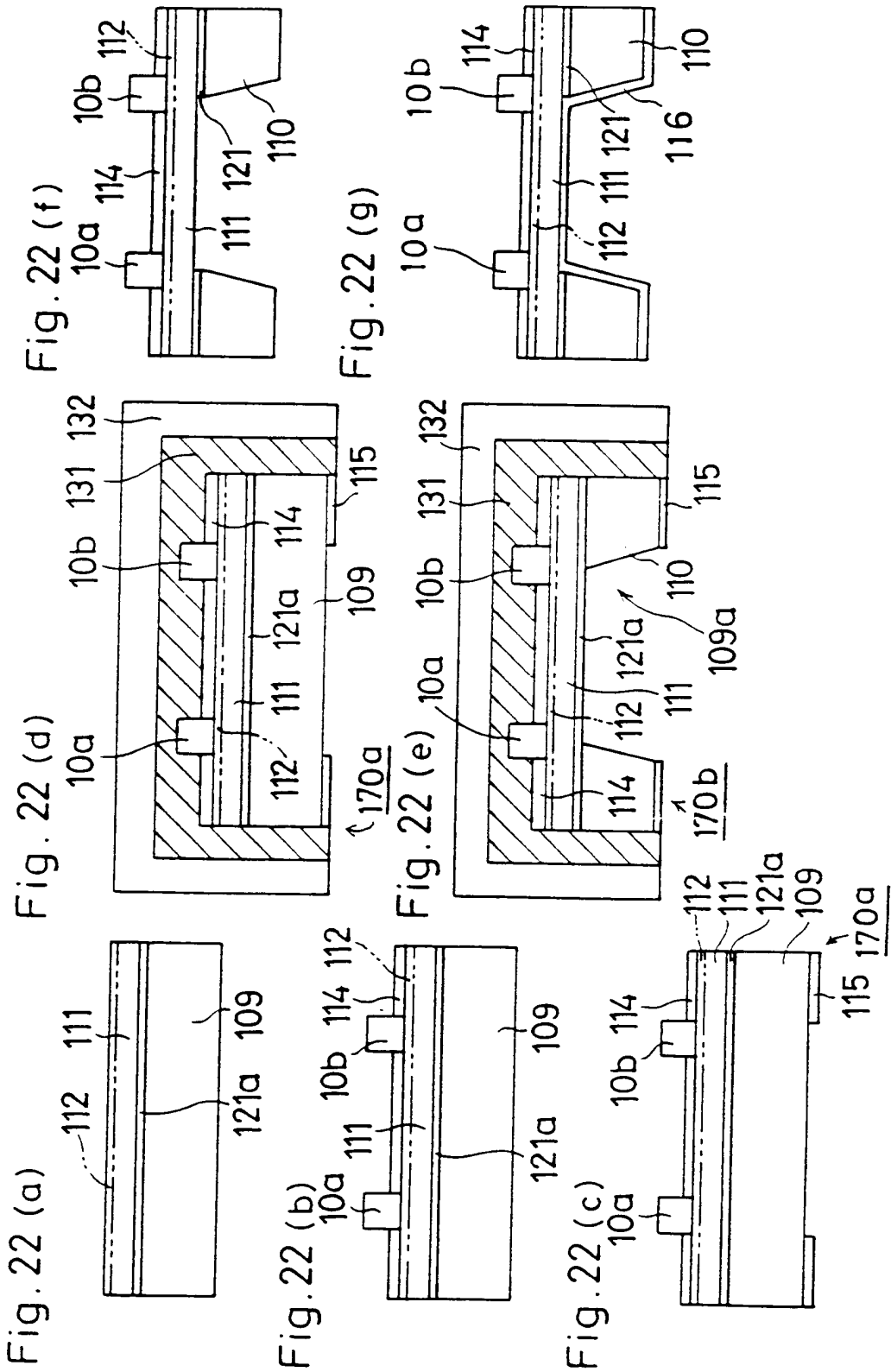


Fig.23 (a)

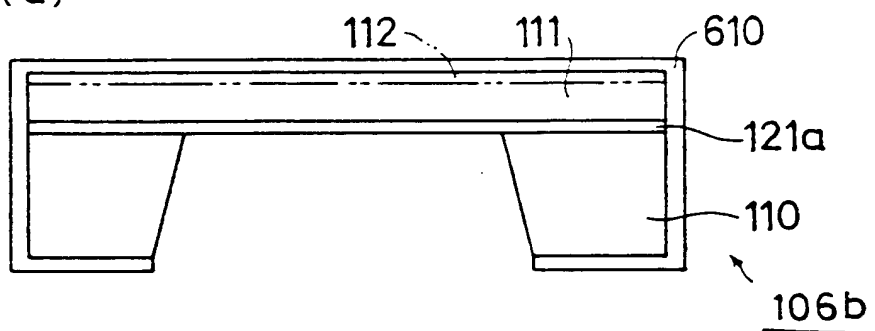


Fig.23 (b)

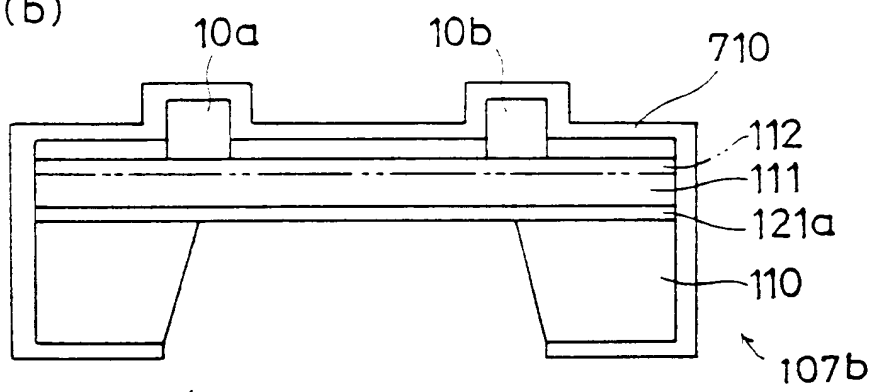


Fig.23 (c)

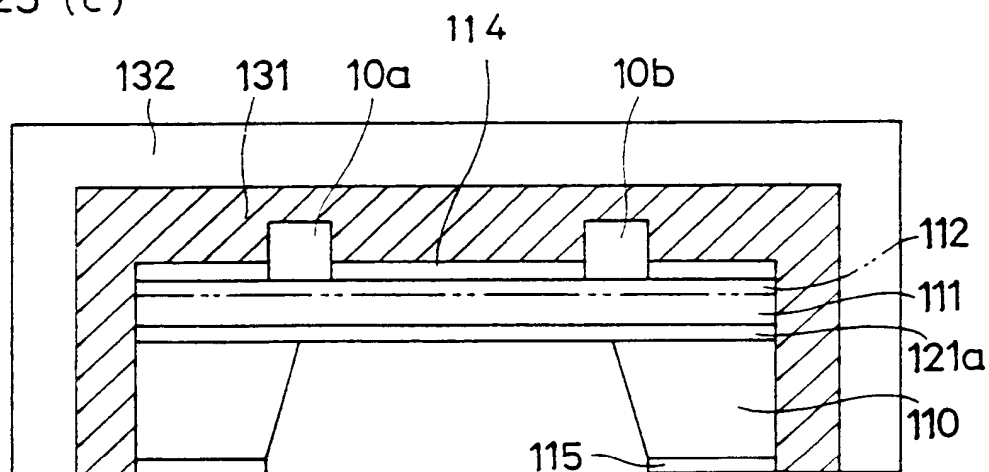


Fig. 24 (a)

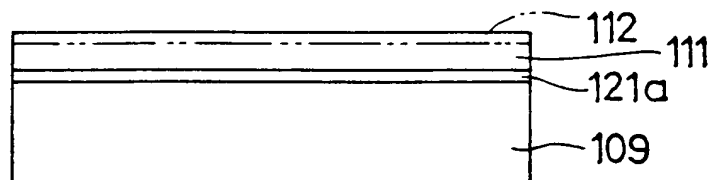


Fig. 24 (b)

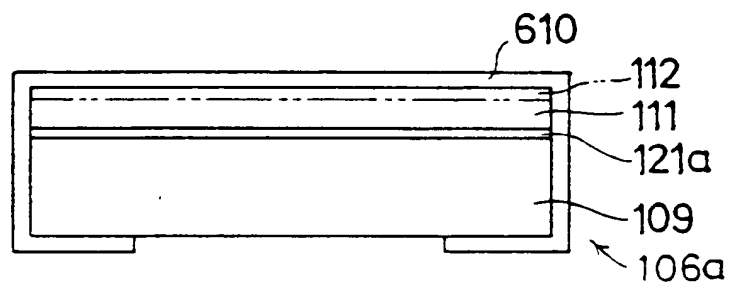


Fig. 24 (c)

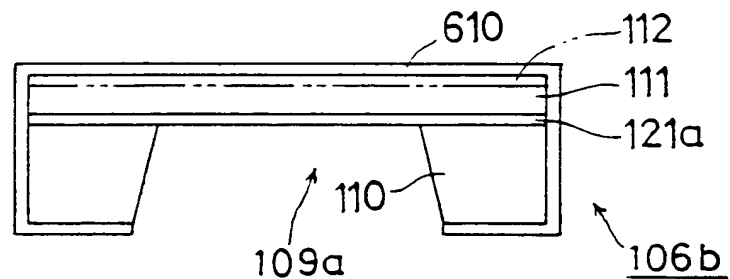


Fig. 24 (d)

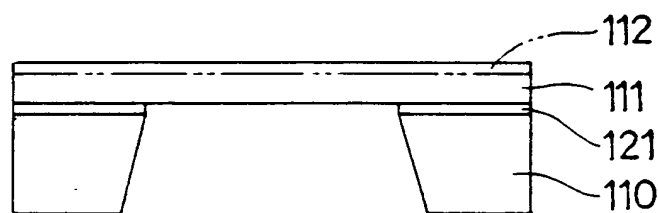


Fig. 24 (e)

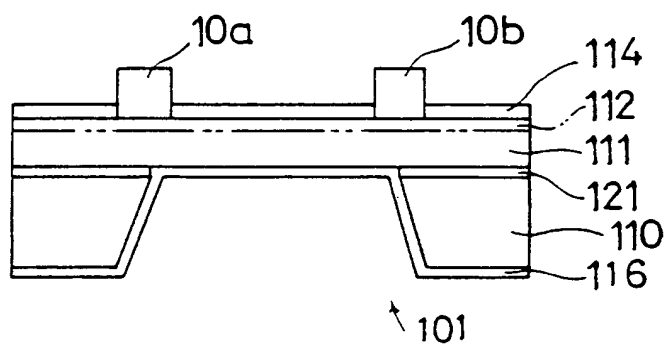


Fig. 25 (a)

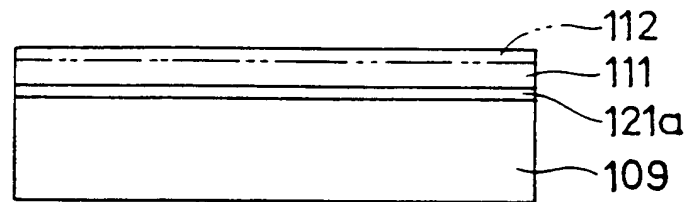


Fig. 25 (b)

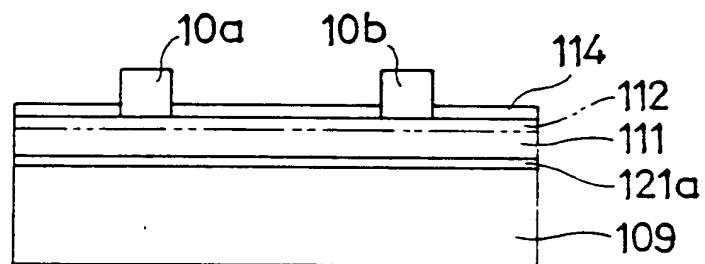


Fig. 25 (c)

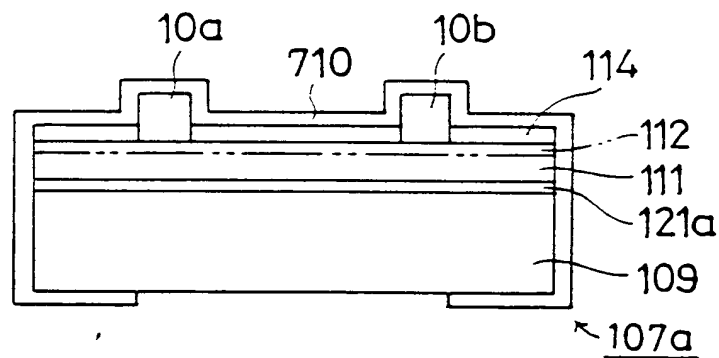


Fig. 25 (d)

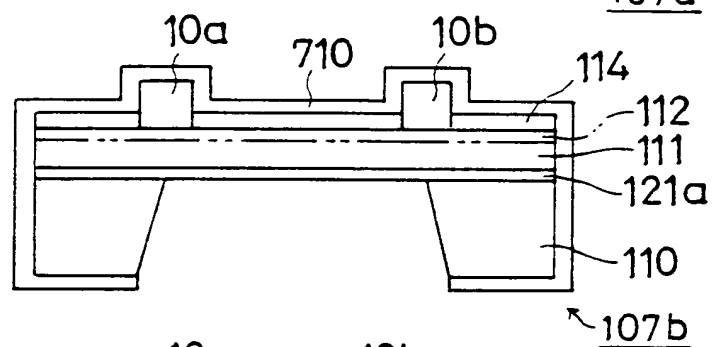


Fig. 25 (e)

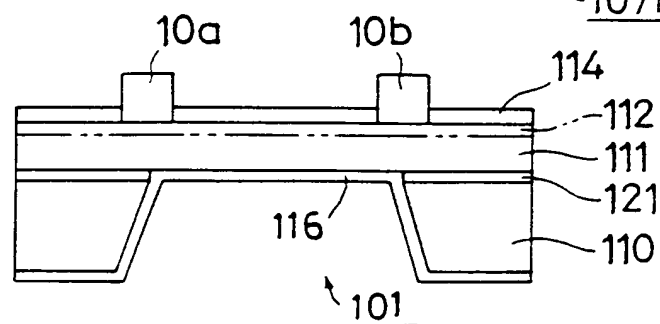


Fig. 26 (a)

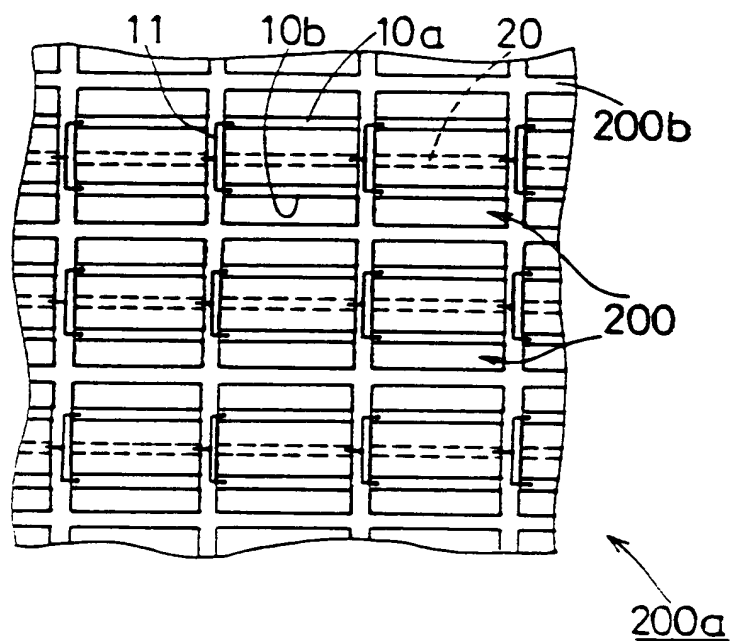


Fig. 26 (b)

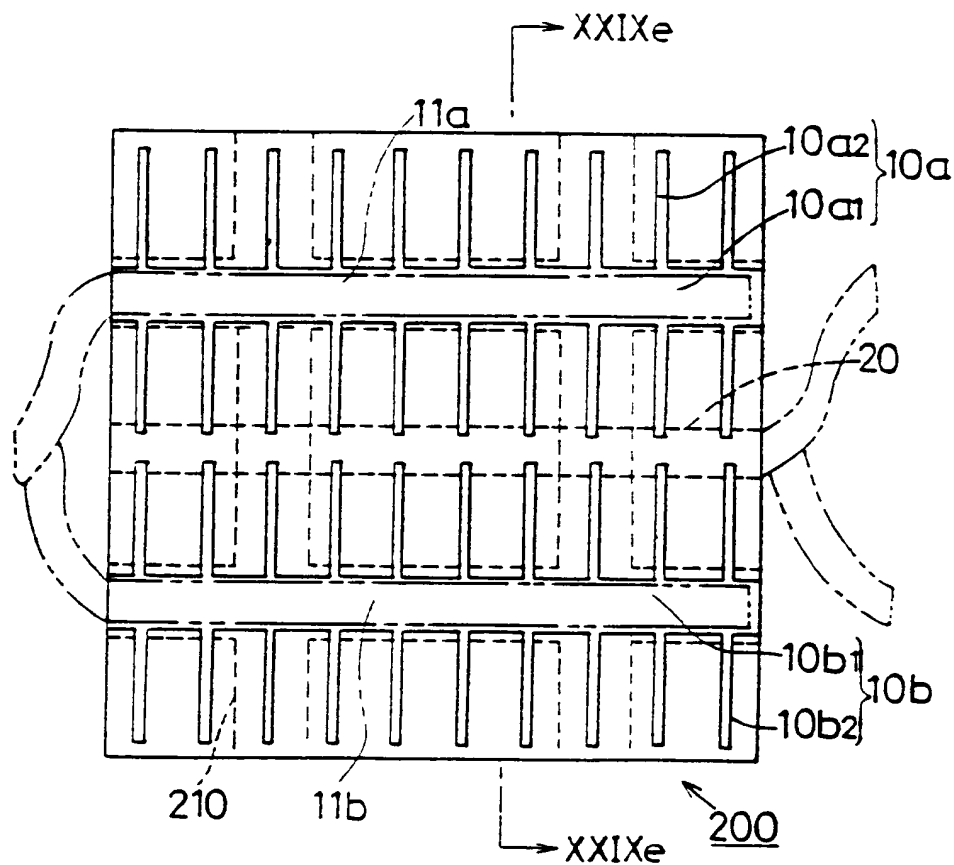


Fig. 27 (a)

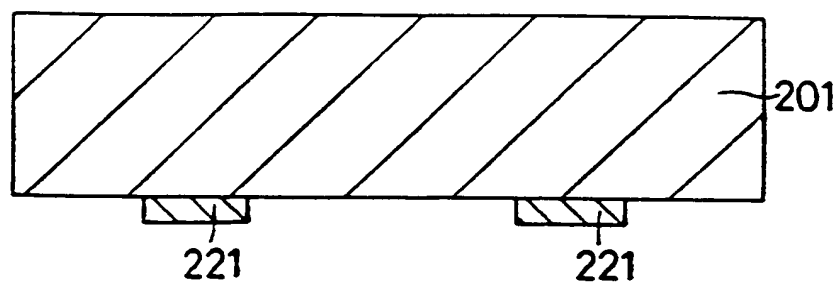


Fig. 27 (b)

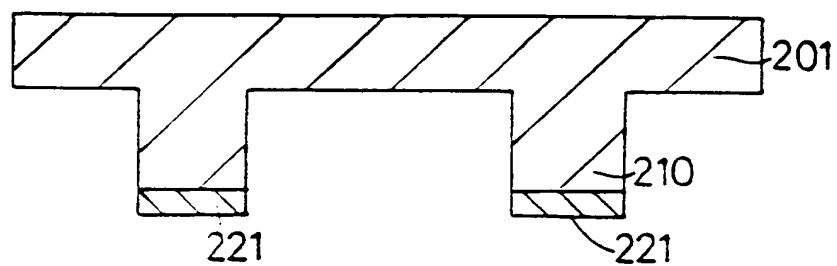


Fig. 27 (c)

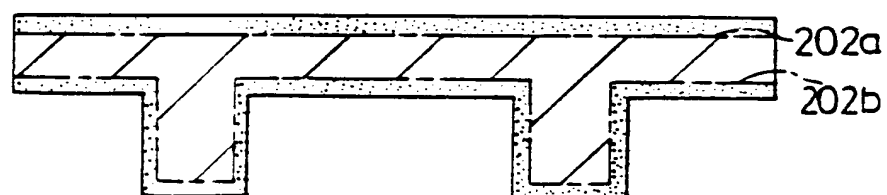


Fig. 27 (d)

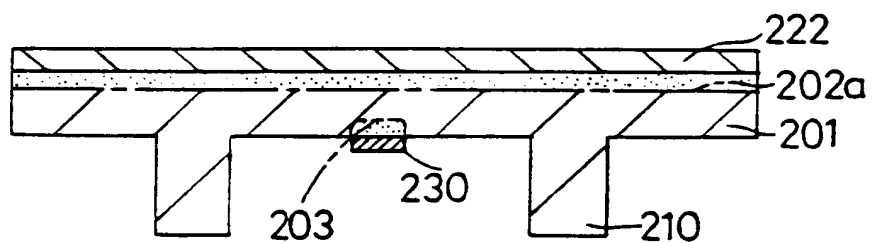


Fig. 28 (a)

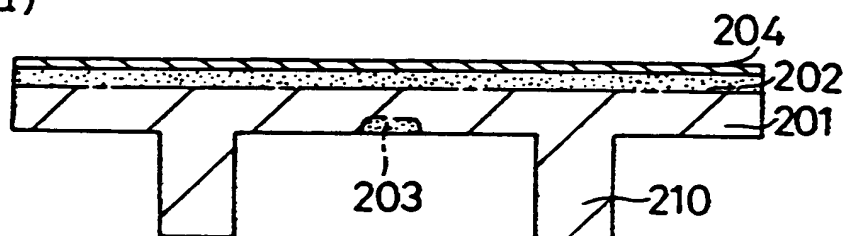


Fig. 28 (b)

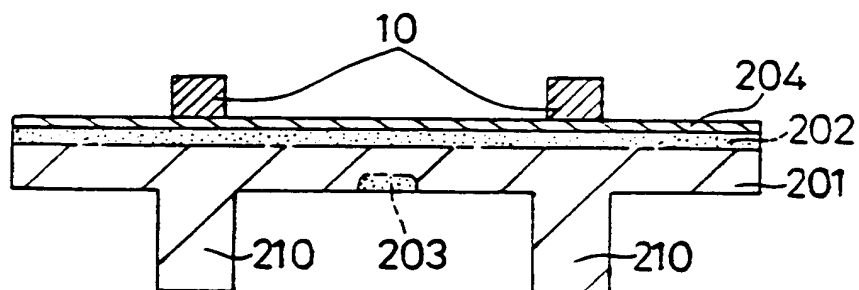


Fig. 28 (c)

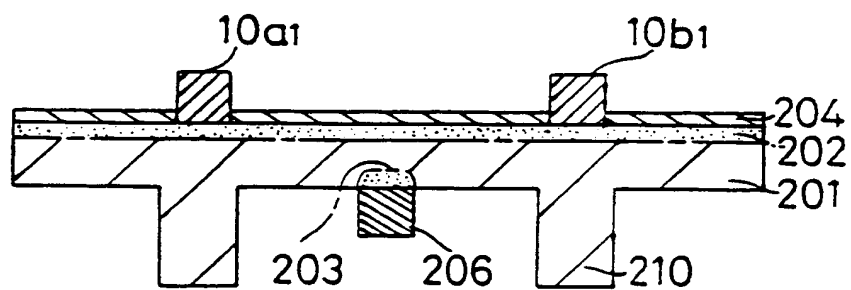


Fig. 29 (a)

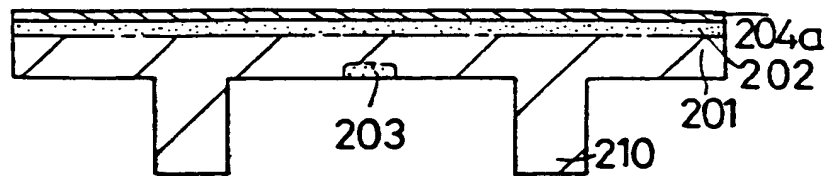


Fig. 29 (b)

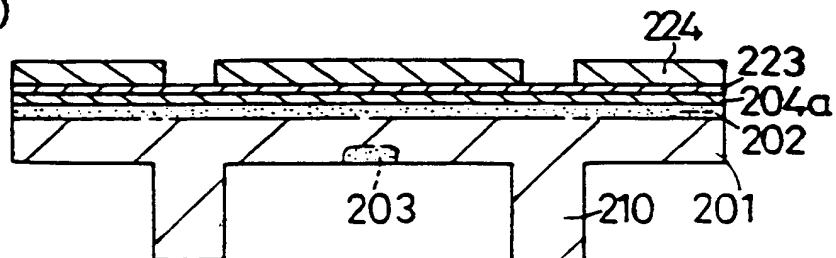


Fig. 29 (c)

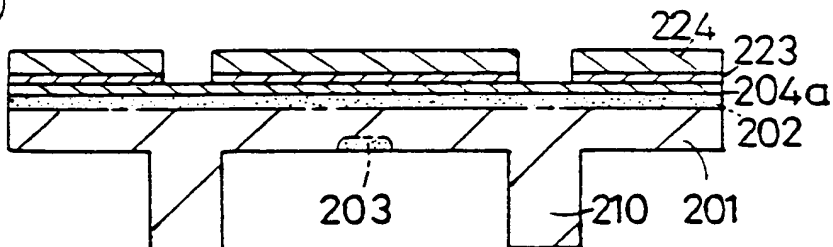


Fig. 29 (d)

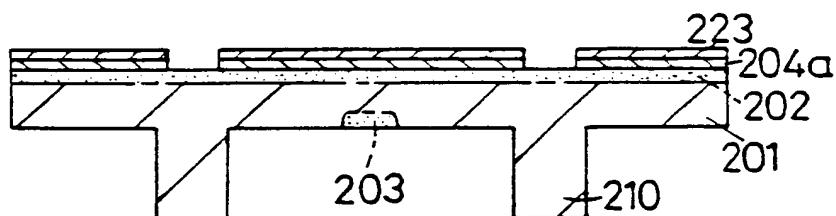


Fig. 29 (e)

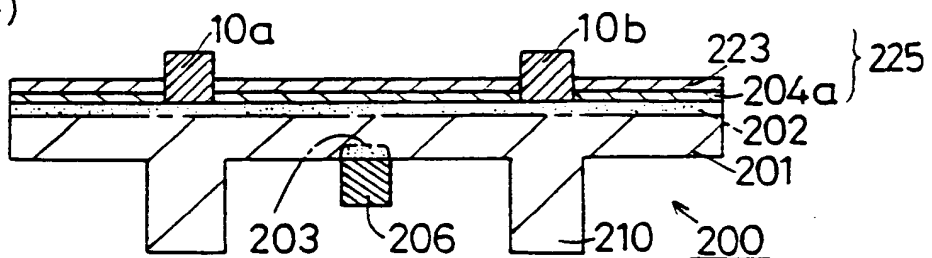


Fig. 30 (a)

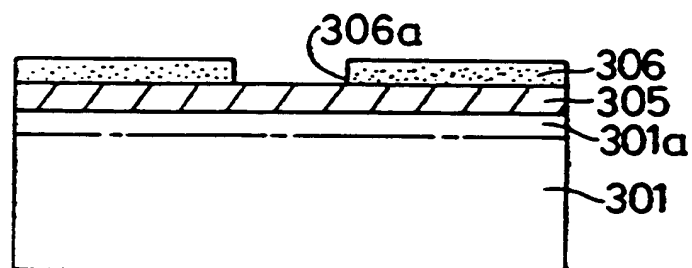


Fig. 30 (b)

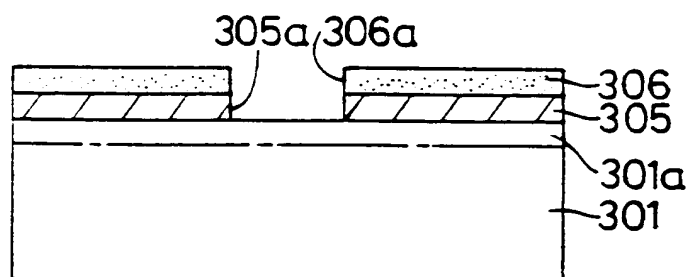


Fig. 30 (c)

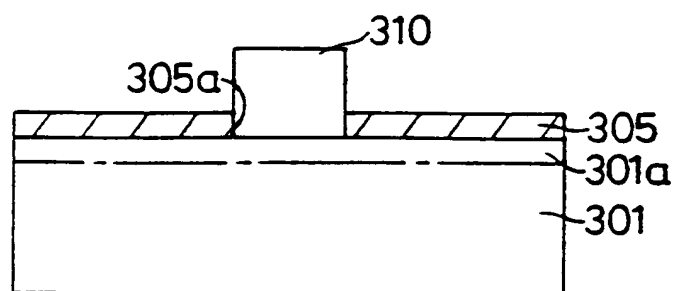


Fig.31

